

第9回 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会 議事録

日時 平成 29 年 10 月 4 日（水） 13:00～17:15

場所 福岡市交通局 4 F 大会議室

議事等

- 1 道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について
- 2 地質調査結果（中間報告その2）について
- 3 再掘削工法について
- 4 地盤改良について

（事務局）

定刻となりましたので、第9回福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会を開催いたします。本日、進行を務めさせていただきます、福岡市交通局建設課建設推進係長の原でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

先ほどご連絡ありましたJRの西川様、並びに九州大学安福様につきましては、少し遅れられるということのご連絡が入っておりますので、始めさせていただきたいと思っております。始めに福岡市交通局理事の山本よりご挨拶を申し上げます。よろしくお願いいたします。

（山本理事）

山本でございます。本日は樗木委員長を始め委員の皆さまにおかれましては、大変お忙しい中お集まりいただきまして本当にありがとうございます。

まず現場の状況をご説明させていただきますと、6月8日から実施しておりました地質調査につきましては、現地調査を9月末に完了しまして、順次室内試験、分析を行っているところでございます。博多駅部につきましては、アンダーピニング工法やパイプルーフ工法で掘削を進めておりますし、中間駅につきましては、駅部を開削で掘削しております。だいたい掘削部深さが約25mに対しまして、現在は11m付近の掘削を行っているところでございます。さて、本日は地質調査の結果につきまして、2回目の中間報告をさせていただくとともに、前回いただいた意見を踏まえまして、検討いたしました再掘削の工法とか、地盤改良につきまして、ご討議いただきたいと思っております。また、高島市長からも、委員の皆さまにおかれましては、安全重視でのご討議をよろしくお願いいたしますと言われて参ったところでございます。交通局といたしましても、皆さまからの忌憚のないご意見を頂戴いたしまして、安全に配慮いたしまし

た、再掘削工法や、地盤改良の範囲、工法等を決めまして、着実に七隈線の事業を推進していきたいと考えておりますのでよろしくお願いいたします。

(事務局)

山本理事、ありがとうございました。本日もご出席いただいております委員の皆さまにつきましては、お配りさせていただいております座席表の通りでございます。時間の都合上、これを持ちまして紹介にかえさせていただきますが、本日、大阪市交通局理事兼鉄道事業本部長の山口様におかれましては、ご都合により欠席となっております。それでは、議事の都合上、頭撮りにつきましては以上とさせていただきます。報道機関の皆さまには、ご退出をお願いいたします。なお、本日の議事につきましては、本日 18 時から、福岡市役所本庁舎 10 階の記者会見室で記者会見を行いますので、どうぞよろしくお願いいたします。

次に、資料の確認をお願いいたします。よろしいでしょうか。それでは、これよりの委員会の進行は樗木委員長をお願いしたいと思っております。委員長よろしくをお願いいたします。

(委員長)

はい。先ほどのご説明のとおり、おかげさまで地質調査の現場での調査は、一応、終わったということですが、その期に、この委員会を開くことになりました。

第 8 回の時にいろいろとご意見賜っておりますが、その際に、第 8 回はどちらかというと地質調査の解釈、途中段階でのいろいろな解釈の仕方を議論した訳ですけども、ほぼ調査も終わったということであれば、今日のところは、本質的な地質調査の最終確認が一つの大きな流れになろうかと思っております。しかし、この地質調査は、あくまでも、どのようにして、今回の工事を再開に持っていくのかというための調査でございます。それをどういうふうこれから、議論しながら、整理していくかということですが、前回の終わりの方に、一応、再開に向けてのやり方として、大まかに、開削とか非開削のどちらか、という考え方を、大きく分けてありますという中で、本当に、どちらがいいのだろうかということについて、忌憚のないご意見をいただきました。その時に、様々な意見が出てまいりまして、それを持ち帰って、今日のこの回までの間に、事務局なりにいろいろと整理をしていただいたというのが実情でございます。

今日は、そここのところの整理がこれでいいのかということ、地質調査に加えて、追加して、しっかり議論をいただきたいと思っております。

大方、前回のお話を聞いておりますと、開削ということになりますと、問題がありそうだという話が出ておりましたので、そのことも、今日の他の整理に繋がるだろうと思っております。また、それに加えて、今日の提案の中で、非開削でいくとした時の、地山の安定をどうやって図るか、どんな安定の図り方をしたらいいのかということについて、検

討段階のたたき台ではあるのですが、何もないと議論が進みませんので、今日は、ある程度、出させていただいて、大方の方向性が見えればと考えております。その上で、同じ非開削であっても、いろいろな方法が考えられる訳でございます。その方法如何によっては、安定の仕方も詰めれば、異なった部分も、あるいは追加する部分も出てくるというふうなことを考えております。そうすると、再開に向けてどういう工法をとっていくかということについて、事故が起こって、そろそろ一年が経つわけですけれども、我々としても、決断をしていかなければならないということです。

しかし、今日、そこまで決断できるとは思っておりませんが、これも前回と同じように、こういう工法だとこういう問題があるとか、あるいは、もっとこういう工法もあるんだよという、ご意見を賜っておけば、次回辺りに、その辺の詰めができるのではないかと考えております。

今日は、もう一度繰り返しますと、前段の方は、地質調査の再整理、最終確認に近いまとめ。それから、二つ目が、掘削の再開に向けての非開削でのまとめの仕方。そして、三つ目が、地山の安定処理、安定のさせ方。

この三つが、主要議題ということで、進めさせていただければと思っておりますので、ご協力をいただければと思います。

それでは、現状についてということで、特に前回から変わったところを中心に説明をしていただければと思います。よろしく願いいたします。

(大成 JV)

報告資料をご覧ください。道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況についてご説明いたします。2ページでございますが、時系列のフローを載せてございます。前回8月31日に第8回の委員会がございました。その後、さきほどございましたが、9月末で現地の調査が終了し、現在、データの分析、室内試験等を実施しているところでございます。

3ページをお願いします。3ページの図面はトンネル坑内の状況について示しています。これは、前回委員会から変わったところはございません。グレーで示しているものが、掘削済の領域、白いところが今後掘削する領域、右上に示しています赤い柱等が構築が終わった領域でございます。

4ページをご覧ください。4ページはトンネルを掘削しました周辺の地下水位の状況について示しています。左に立坑水位、下に本坑の縦断的な水位を示しています。これについても前回委員会からの大きな変動はございません。

5ページをお願いいたします。今ご説明いたしました地下水位についての経時変化を載せてございます。特に大きな変化はございませんが、8月の終わりくらいから黒い線が追加されています。これが道路陥没部の北側に設置いたしましたK-1孔という観測点の地下水位の計測が始まっております。岩盤部間隙水圧を水頭換算したものでござい

ます。

6 ページをお願いいたします。6 ページ、7 ページは、地表面沈下についてのデータを載せてございます。いずれにおきましても前回委員会から特に大きな変化はございません。

以上が、現状の報告でございます。

(委員長)

先ほど、資料説明のときに、資料が1枚別にしてありますので、今のようにK-1などのボーリングの位置とか、わからないときはこれも見ながら、位置を確認していろいろと理解していただくとありがたいと思いますので、横に別途置いておかれるといいのではないかと思います。

今の説明でなにか疑問点等、あるいは聞いておきたいことはありますでしょうか。よろしいですか。それでは、次に進めたいと思います。

先ほど9月末に現地調査が終わり、試験などについては、まだ終わっていないということですが、粗方ですが、これまでのデータで確認できそうな状況となっておりますので、それも含めた上で、これまでの状況を総まとめにした資料がございますので、この内容について説明をいただきたいと思います。

この地質調査をできれば正確にということになるのですが、なかなかそこまでは行かなくて推測もございますから、どう解釈するのか、どういう見解を持つのか、これは、はっきりとこの委員会でもコメントできるような状況にしておきたいと思いますので、そういう意味での多少まとめの的な地質調査の見方を今日はしていただければと思います。

それでは事務局の方からこれについて説明をお願いいたします。

(大成JV)

討議資料1と右肩に書いてある資料をお願いいたします。

まず2ページ目ですけれども、調査の目的について示しております。左側に大断面トンネル部、右側に標準から3連トンネル部の調査目的について示しております。目的自体は前回の専門委員会から変更はございません。先程から説明をさせていただいておりますとおりに現地の調査は全て終わり、今データ分析中でございます。

3ページをお願いいたします。3ページには各々の点の調査項目及び数量について記載しております。赤字で記載しておりますのが前回の専門委員会から変更した点でございます。まず1つ目がPS検層及び微動アレイ探査というものを実施いたしました。これは、トンネルの北側及び南側の2側線に対して微動アレイ探査及びPS検層により、現在、作成している3次元の地質モデルを補完するようなデータを得ようと実施したものでございます。これらの結果については次回の専門委員会でご報告させていただきた

いと思います。もう一点の変更点は、土砂部の観測井を8本から7本に変更いたしております。この変更理由は、北側 N2 番という観測井がございますが、位置を東側へ移動したために No.23E-4 の井戸の近傍に場所を移動しました。すでに No.23E-4 で土砂部の地下水位を観測しておりますので、N2 土砂層の観測井を1本削除したというのが変更点でございます。

5 ページ、6 ページには、調査しました項目及び数量、変更点について一覧でまとめてございます。

7 ページから 12 ページに掛けて道路陥没部、崩落影響範囲について平面図、縦断図横断図並びに異物の混入状況についてまとめております。

まず7ページですけれども、道路陥没部付近の平面図を示しております。赤い線は地表面で道路陥没が確認された範囲で、破線で GL-2m, -4m, -6m, というふうに破線で線を示してございますが、これは8ページ及び9ページに示しました崩落影響線の境界線を等高線のように東西南北4点の点を取って、それを結んで等高線のように描いたものでございます。

8 ページにつきましては、前回の専門委員会から大きな変更はございませんが、左端の C-7 という所のデータが追加されております。陥没形状については、前回の専門委員会からの大きな変更はございません。

9 ページは横断図になります。これについては、前回委員会からの変更はなく、D2 層の未確認範囲が 11.6m ということにも変更はございません。

11 ページ、12 ページにはそれぞれトンネル縦断図及び横断図に異物の混入状況を示してございます。11 ページでデータを追加したのは C-7 というデータを追加いたしました。12 ページについては、特にデータの追加はなく、前回委員会で報告させていただいた状況と変わっておりません。

13 ページ、14 ページには道路陥没付近で実施をいたしました流向流速測定の結果について示しております。13 ページのほうは平面図、14 ページのほうは測定位置でのコア写真と計測結果一覧でございます。

13 ページで示しました図面には流向を矢印で、流速を数字で記載しています。また、左側に散布図を示してございますが、これは測定深度と流向の関係を示しています。縦軸に GL- の測定深度、横軸は左側から南、中央に北、また右側に南という方位を示しています。おおまかに申しますと深度の深いところは北向きに、浅いところは南向きに、平面図で示しますと、中央付近は北向きに、周辺は南向きにというのが大雑把な流れの方向です。

これらについては、規則性をもった流れ、崩落孔に向かうような流れは確認できませんでした。上下方向の流速については、地盤改良後の実施を検討いたします。

15 ページ以降の各層の工学的評価に移ります。

16 ページから 22 ページまでが、D2 層強風化頁岩層に関する工学的評価をまとめて

ございます。

16 ページは孔内水平載荷試験から得られました変形係数についてまとめています。上側は **Dc2** 粘土質の強風化頁岩層，下側が砂質の **Ds2** ということでまとめています。最小値 7,800 から最大値 399,300kN/m² と値のばらつきが大きいことを確認しております。これらについては，まだ整理中のものがございますので，次回で最終的な報告とさせていただきますと思います。

17 ページには室内岩石試験から得られました粘着力，内部摩擦角，せん断強度についてまとめてございます。ここで示しましたせん断強度については，土被り相当厚におけるせん断強度を示しています。さきほど同様，上側には粘土質の **Dc2**，下が砂質の **Ds2** 層の値を示しております。

18 ページをお願いいたします。ここまで変形係数及び強度係数について値のばらつき等を散布図及び一覧表で見てまいりましたが，ここではそれらの状況をコア写真と対比させて性状のばらつきについて説明をいたします。

一番上の写真は変形係数が一番小さかった部分のコア写真及びそのズームアップしたものを示してございます。オレンジで四角く囲んだ部分が孔内水平載荷試験の実施位置です。特にこの位置は風化作用をそれほど受けていませんが，破碎作用を強く受けているというコアの状況が確認されます。この区間を対象にした孔内水平載荷試験から得られた変形係数が現在最も小さい 7,800 kN/m² という値が得られています。中段は逆に最大値を示しました 399,300kN/m² という値についてですが，写真で見ると礫岩，砂岩系の中でも礫岩質の **D2** 層を対象に測った値でございます。これら礫岩層の **D2** 層というのは博多駅からちょうど標準Ⅱ型のあたり，**N3**，**S2**，**S4** あたりで礫岩質の **D2** 層を確認しています。大断面部ではこれら礫岩質の **D2** 層は確認していません。一番下段には大体平均的な値を示している **D2** 層について示しています。特徴的には頁岩が風化しリモナイト脈を挟んでいる縞模様が見られます。変形係数はここで 116,500kN/m² という値を得ております。このような性状の **D2** 層を多数のボーリングで確認しております。

19 ページをお願いいたします。これは道路陥没部付近で行いました試験の平面的，**D2** 層の変形係数の平面的な分布を示しています。プロットしている黄色の点が砂質の **Ds2** で得られた値，ピンクが粘土質の **Dc2** で得られた値です。それぞれの値について規則性はなく，空間的に値も非常にばらついているという状況を確認しております。

20 ページをお願いいたします。これは低圧ルジオン試験で得られました **D2** 層の透水係数について一覧，散布図及びヒストグラムを示しています。**D2** 層の透水性は，ばらつきはあるものの，比較的低い透水性であるということを確認しております。具体的には，0ルジオンという値から **Dc2** の透水係数を算出した場合は 8.35×10^{-8} という値となり，そこから 7.54×10^{-5} cm/s という値でばらついております，**Ds2** 層の値は 2.58×10^{-7} から 3.92×10^{-5} cm/s というばらつきがあることを確認しております。

21 ページをお願いいたします。先ほど同様道路陥没部付近の平面図でございしますが、ここではルジオン値から得られます透水係数の空間的なばらつきについて値をプロットしています。概ね低い透水性ということが確認されておりますが、特に規則性等はなく、ばらついているという状況が確認できると思います。

ここまでご説明させていただきました D2 層について、まとめたものが 22 ページにございます。左上には性状のばらつき、リモナイト脈が密集する縞模様であったり、せん断割れ目が発達していたり、破碎されていたりという性状のばらつきが確認できます。2 番目に変形係数、3 番目には強度係数についての値のばらつきについて確認しております。また、下段には左に透水係数のばらつき、その右には透水係数が得られた場所の代表的な場所のコア写真を載せてございます。以上のように D2 層に対してまだ調査した全てはここには載せてございませんが、性状、物性値、空間的にも、各々が非常にばらついているという結果を確認しています。

次に 23 ページから 28 ページですが、ここでは炭質頁岩層についてまとめてございます。炭質頁岩とは、頁岩が炭化したものとされており、炭質頁岩と呼んでおりますが、標準トンネルから 3 連トンネルにかけて、面的に分布しているということが、今回の調査で確認できました。また、概ね層厚は 2～3 m 程度で、緩やかに博多駅に向かって上り傾斜しているということを確認しています。23 ページ上段図には、トンネルセンターでの縦断図を示しており、今ご説明した炭質頁岩の分布状況をグレーで示した範囲が炭質頁岩でございます。下側には断面図を二つを示しています。グレーで示しました炭質頁岩層ですが、今後掘削する 3 連トンネルの左右抗の、主に天端付近に出現するというを確認しております。

24 ページをお願いいたします。炭質頁岩と一口に申ししましても、様々な性状があるということ、今回の調査で確認しております。左上に示しましたコア写真、22 から 23m 付近、少し茶色がかっていますが、薄く頁岩が炭化して、薄茶色になっているもの。右側には真っ黒になっているもの。これが 19～20m、非常に黒色に変質しているもの。左下、19～21m 付近、黒色に変質しながら、また破碎を受けているもの。同様に右下の写真、18～19m、黒色に変質し、更に破碎、せん断割れ目が密集しています。一口に炭質頁岩と申ししましても、様々な炭化の具合だとか、せん断の出方で非常に性状がばらついているということを確認しています。

25 ページには変形係数及び強度係数について、まとめています。下側に示しました強度係数につきましては、室内試験から得られた結果を現在整理しているところでございますが、炭質頁岩は非常にコアの成形が難しく、黒色に変化したところは、コアにもならないという性状のものです。よって、ここで得られている数値は、コアに成形できる程度に良好なコアというものの試験値ですので、実際の地山にある岩盤中の D2 層は、これらの値を少し割り引いて考える必要があると考えています。

26 ページは透水係数についてまとめています。これはまだデータが 3 つしか揃って

いませんが、次回には、全てのデータをご示し出来る予定になっております。現在得られたデータから致しますと、炭質頁岩層の透水性は、 1.72×10^{-5} から 8.29×10^{-7} という比較的low透水であるという値が得られています。

27 ページをお願いいたします。27 ページにお示ししたものは、一番上に3連トンネル中央坑を掘った結果を示しています。一番上に切羽観察結果を反映した地質縦断図、その下に地表面沈下、その当時の3連中央坑を真ん中くらいまで掘った時の地表面沈下、一番下に切羽写真、右側に地下水の状況を示しております。この炭質頁岩と申しますものは、158 基、標準Ⅱ型に入ってすぐの辺りで出現が始まりました。非常に硬い砂岩系の裏の左肩に土のようなものが見えておりますが、これが炭質頁岩の出現のスタートで6 基後の164 基には写真のように茶色く層厚2～3 m程度の非常にもろく、切羽の自立性の悪いものが出現いたしました。

概ね3連トンネルでは、このような位置に炭質頁岩が出現したのですが、博多駅に向かってゆるやかに上昇して、最後は上方に消えて行ったという状況です。

また、この炭質頁岩の切羽への出現を同じくして、No.23E-4 という当時の切羽から42 m前方にある観測井の低下が始まっております。切羽の進行とともに約50 日をかけて、岩盤の間隙水圧を水頭換算した値で15m の低下が見られました。

28 ページをお願いいたします。ここまでご説明させていただきました炭質頁岩層に対する工学的評価をまとめています。上段左から分布状況について、これは標準Ⅱ型から東側、博多駅に向かって面的に分布しており、層厚が2～3 mでD2 層の下位に出現致します。緩やかに博多駅に向かって上り傾斜であることを確認しております。真ん中に、変形係数及び強度定数についての値の分布、その右に透水係数の現状で得られているデータを示しております。

下段にはコアの性状について、ばらつきの写真を代表的な炭化が進んでいないものと著しく進んでいるものの2例を示しています。

この炭質頁岩については代表的に層厚を持って分布するのは、ここだけなのですが、ところどころ、層厚がセンチとか、薄いものはところどころ挟んでいるものを標準トンネルや大断面部でも確認しております。

29 ページをお願いいたします。29 ページ以降は、道路陥没部周辺の地層に対して工学的評価を行っております。まず最初に、埋土の下に位置します流動化処理土に対する工学的評価です。左上に針貫入試験から求めました換算一軸強度、右にはコア写真、下段には透水性に関する一覧、散布図、ヒストグラムを示しています。流動化処理土に対しては、大まかに言いますと、左上のヒストグラムを見ますと、87%が換算一軸強度で1 MPa 以上であると、つまり大半が1 MPa 以上のしっかりしたものであるということと、右下のヒストグラムを見ますと大半が透水係数が 10^{-5} にあると。一部高いところがありますが、概ね透水性の低い範囲にあるということを確認しております。

30 ページ、31 ページは流動化処理土の下位に位置します緩い砂層。つまり、崩落の

時に上の荒江層等から落ちてきて、堆積した緩い砂層に対する工学的評価です。先ほど同様に上段には換算一軸強度，コア写真，下段には透水性をまとめています。左上のヒストグラムを見ますと緩い砂層は，ほぼ換算一軸強度が 0.2MPa 以下というもので，強度的にはそのような分布です。右下の透水性を見ても，比較的透水性が高いと 81%以上が 1×10^{-4} よりも高いという結果を得ています。

31 ページをお願いいたします。

31 ページ上側には，先ほどお示ししました道路陥没形状並びに異物の混入状況に対するトンネル縦断面図及びトンネル横断の図面を載せてございます。

特にトンネル縦断面図の方がわかりやすいと思いますが，青い所が緩い砂層です。現在，地盤改良等に関する検討は，この緩い砂層並びにその下位の博多粘土層が対象になると考えています。今後，地盤改良を考えるにあたって，この緩い砂層の粒度というものが，キーワードになってくると考えております。その結果について，右下の円グラフに掲載しています。左には，粒度分布の一覧表を示しております。

まず円グラフ上側ですけれども，茶色系で示したものの，これがいわゆる細粒分，シルト・粘土系ですが，10%未満しか入っていない。つまり，ほとんどが礫及び砂で構成されているというのが，全体の 46%でした。逆に言いますと緩い砂層の 54%の区間が細粒分含有率が 10%以上であるということを確認しています。特に細粒分が少ないという代表的な例として，C-5 について示しております。大半が砂であるというものと，逆に右側には細粒分が多い方ということで，C-1 というのを示していますが，シルト・粘土分が 24%含まれているというような状況があります。緩い砂層というのは，概ね砂で構成されているわけではありますが，場所によっては，シルト・粘土系を 20%以上含むというような粒度の特徴があることを確認しました。

続いて 32, 33 ページをお願いします。ここは，緩い砂層の下位に位置します博多粘土層の工学的評価です。左上の換算一軸圧縮強度のヒストグラムを見ますと，この層もほとんどが 0.2MPa 以下の非常に強度が弱い層であることが伺えます。下の真ん中あたりに散布図を示しています。これは，縦軸に博多粘土層の厚さ，横軸に陥没孔中心からの距離をとっておりますが，陥没孔中心に近いほど博多粘土層が残存している層厚が薄く，遠ざかると 3 m 付近まで層厚が確認できるということを示しています。これらのことから，当初，博多粘土層は 3 m 前後の層厚はあるものの，陥没の影響によって，中心のあたりは削られて層厚が薄くなっている状況であると考えています。

33 ページには先ほど同様，粒度についてまとめています。博多粘土層の平均的な姿として，C-1 をとりあげています。砂礫が概ね 70~80%程度，逆にシルト・粘土層が 20%前後といういのが平均的な姿であります。右に示しました C-10 のようにシルト・粘土分が非常に多いというものも部分的に存在するということを確認しています。ただ，先ほどの緩い砂層と違って，博多粘土層には異物の混入はないということを確認しています。ここまでが，各層の工学的評価であります。

35 ページには、現在迄の地質調査結果を反映した地質の三次元モデルをトンネル縦断及びトンネル横断に切ったものを示しています。繰り返しになりますが、3連トンネル左右坑の天端付近に炭質頁岩が今後出現してくるということが推定されます。

最後 37 ページには、これまで、説明をさせていただきました内容について、①～⑦に簡単にまとめてございます。説明は以上です。

(委員長)

説明ありがとうございました。全体の説明が多かったので、議論を二つに分けたいと思います。

一つは前段の地質の状況や観測など、後段に各層の工学的評価とみていただければと思います。

まずは、14 ページまでの地質状況、観測について、疑問点、ご意見、ご提案等をいただければと思います。多くの図面がありますので、いろんな見方ができるかと思いますが、要するに、考え方は7ページの陥没形状の平面図で、流動化処理土とその下の緩い砂層、薬液注入したところ、あと真ん中には、いわゆる陥没穴もしくはその影響範囲です。実は穴はもっと内側で、もっとわかりやすくしたほうがいいかもしれませんが、C-1、C-3、C-2'のこれらは、地質調査をした際に、D2層が確認できなかったところ。というのは、ここに大まかに陥没穴がつながっているのではないかなというふうに見ただけだと思います。そのわかりやすく記載されているのが、11ページの横断図や12ページに、薬液注入の入り具合だとか、がれきの入り具合だとかです。

少し話は変わりますが、13ページとかに水の流れ、特に緩い砂層とかの水の流れです。

これらが、前段の重要な点、結論だと思います。これらの中で、ご意見等はございませんか。前回はこれほど詳細なコンターは出ていなかったと思います。というのは、陥没箇所のところは、もう少し詳細にというところがありましたので。平面、縦断、横断が揃うと形状が把握しやすいと思われましたので、事務局に記載をお願いしました。

ご意見ありますでしょうか。要するに現実をどうみるか、この辺りをどう見るかでこれからの地盤の安定に向けて、基本の構図となるのではないかと考えています。特にございませんか、前の3枚でさっき申し上げた特に変わったことはございませんね、この解釈で。8回に続いてだからこういう形ですよ、ただ影響範囲の解釈をコメントで入れておいた方が良いでしょう。人によってはここもいたんでいるという人もいると思うし、もっと内側に入れてもいいのではないかとという人もいるだろうし、あくまでもこれは外側がD2層の上面が所定の位置で確認できて、なおかつ博多粘土層のほんの一部でもいいから確認できる場所は道路境界くらいまでだろうか、という影響のラインです。そういう意味を注釈に書いておいてもらった方が良いでしょう。影響範囲とはなんですか、我々はいつもここで良く議論していますが、外に出した途端にこれが穴か、陥没孔はこんなに大き

いのかという話にもなりかねないので、あるいはもっと用心すべきだということになるかもしれません。そういう意味の楕円だということで、注釈を7ページのどこかに書いてください。そうすることで意味を分かっていたらいい。よろしいですか。

水をあまり深く議論していなかった、これもいろんなご意見が出てどうみるかということでヒントをいただきました。13ページに深さ方向との関係も見えるようにしようと、いう図も出していただきました。縦方向の水の流れが確認できませんので、せめて深さで少し向きが違つかどうかだけは確認しようと思ったのです。13ページで分かりにくいところを14ページ下の右の表と並べてみてもらいたい。そうすると右の表で3つくらいグループがあるのですよ。どういうグループかという表のC-1,C-2,C-3,これは深さが地表から15mないし16mくらいの深いところの、緩い砂層の流速を計った。ということは上に蓋をしている流動化処理土層があります。この最深の深さが大体12mくらい、それよりまた3m下のところの岩盤に亀裂等が入って水が流れていると思う。30cmのボーリングの水の流れを計測したら、矢印方向に大体60~70cm/dayくらいのスピードでゆっくりと北方向に向いて、3つともです。もうひとつのグループが、C-8,9,10,11の4つです。これは9m前後のところの外側で、注入処理をした緩い砂層の所の流れです。大方は流れが逆で、北から南に流れながら、なおかつ流れが少し回転しているんですね。ということはその真ん中に流動化処理土層があるから、その横の所の緩い砂層の流れだから、多分この流動化処理土層が壁になっているのではないかと。そこは透水係数が小さいですから。それで回るような格好で流れているのではないかと思います。これは、下に落ちるといよりは割と水平な流れできているのではないかなと。だから向きが違っていてもいいのではないかなと少し思ったのですけど。残りがちょっと分からないんですね。これはめっちゃくちゃです。これはちょうど12mないし13mという所は、先ほど流動化処理土層の一番深いところが12m前後と言いましたから、そのちょうど境目くらいの所だから、流動化処理度のV字型になっている所の前後の所だから、あっち向いたりこっち向いたりしているのかもしれない。

これは実は後で問題になります。水の観測の結果をどう理解するかということ結びついてきて、全体的な大きな枠組みに結びついてきて関係しますので、あえてそんな考え方もあると御理解いただけるのかどうか。

(委員)

深いところの流れはやっぱり違うと思うんですね。13ページの左に新しくグラフを付けてくれたのが非常に見やすいなと思って、浅いところの層はやっぱり地表水とかの影響を非常によく受けているような気がします。地表部はどちらかというと南向きの傾向が強くて、真ん中の固まっているところの中間部分というのはやっぱりLWの影響を受けていて、かなり乱されている場ができています。

要するに通常の流れ場とは異なるような流れ場、混乱した流れ場が生じているという

のが見方じゃないかなと。下の方はやはり北向きの流れが卓越しているような流れがあるような気がします。その二つが混在しているのが中間層で、上層部の方はどちらかという表層の流れにかなり引っ張られているような形になって、北から南よりの流れがあるのではないかなというふうに思います。

(委員長)

はい。〇〇委員どうですか。

(委員)

〇〇委員の言われているような考え方で納得はできますけど、ただ、流動化処理土の層の中央に厚く、周辺部に薄くという状況になっているので、おそらく、私は水平というよりは壁になっていると〇〇委員がおっしゃったので、下方向の流れみたいなのが壁に沿って出来ていると、そういった見方も少しできるのかなと思っています。

今後、地盤改良を考えていくときに、水平南北東西だけではなくて、流速のベクトルみたいなものをしっかり、深さに対してある程度認識したうえで、改良の仕方とかを考えるという、そういった意味では委員長が説明されたこういう絵を書くのは意味があるのかなと思います。ちょうど、ここに地盤改良後の実施を検討すると書いてあるので、実際に施工をしつつ流速の方向を注意深く見るのは、大切だと思います。

(委員長)

このデータは、改良した後の確認の時の観測の仕方はどうしたらいいか、ということ踏まえた上で考えていかないといけないのであえて言っています。

〇〇委員どうですか。

(委員)

今の平面の図と深さ方向の絵を13ページに書いていただいているので、これを例えば、9ページの断面に入れていただくと、観測孔で南から北に流れているのが、緩い砂層のこの部分が70cm/secで、深さごとに流速を見ると、〇〇委員が言われたように流れが流動化処理土層にあたって水が流れていっているのが、ベクトルみたいなのが分かります。それに加えて、観測孔の水位差を確認するとより分かりやすい水の流れをこの絵の中に書くと、分かりやすくなると思います。

その水の流れを見ながら、後から多分出てくるとは思いますけど、遮水壁をどこに作れば一番水が止まるのかとかに繋がるのではないかと思います。

(委員長)

〇〇委員追加して何かあればお願いします。

(委員)

〇〇委員のご解釈で今のところ納得しているところです。さらに深くトンネルの中とかその辺の流れというのが、後々問題になるんじゃないかというのもあるので、広い範囲で測定することも大事かと思います。

(委員長)

だいたい終了したので、メモをしてもらって今後の色々な計画の参考にさせていただきたいと思います。前段はここまででよろしいですね。

次に今度もう一つ大事なのは、各層の工学的評価というもので、私が一つ気になるのは、例えば、D2層にしても Dh層にしても、かなり物性値その他が幅広い範囲で分布していますよとの説明が主だった。それをそのままいいのかというのが気になるところです。

そこで、二通り整理しなければいけないのではないかと思います。一つは、平均的にこういうものだから、この説明で。二つは局所、局所の話と。その辺どのように思っておられるのかというのを少し聞かせていただいて、この後の検討なのか、そのことも踏まえてこれからの計画でやることなのか。その辺りを確認しておきたいなと思ったのですが、どうでしょうか。

(委員)

まず一つは委員長がおっしゃたように、これをばらつきというのかということですよ。これを見た限りでは、同じ層でも、ばらつきというよりも、力学的には特性が違くと見た方がいいのではないかというのが一つです。なので、平均的な理論と、それから、以前お願いしていたと思うのですが、こういう力学特性を基に、同じ層でもどういう分布になっているのかということ精度は別にしてわかりやすく示していただくとよいのですが、どうでしょうか。そして、平均的な物性値を使って数値解析とかをやるといようなことと、それから、物性に応じて区分分けして解析を進めるといったやり方と並行して行って、そのうえで、リスクの多い方を選択する考え方をしていかないといけないのかなというのが1点と。それから、この結果を見ると、どちらかというと岩の性質を示しているのではなくて、土質の性質をほとんどの場合に示しているということは、例えば、せん断とかを受けると過剰な水圧が発生するといったことが懸念され、その影響をものすごく受けるような土質材料になっているのではないかというのが二つ目です。だから、そういうことが起こりにくいような対応を考えると、そういうことが起こった場合にどうするかとか、そういったことも並行して考えていかないといけないのかなとこの結果を見て思いました。

(委員長)

例えば、陥没のところの流動化処理土の性質だとか、あるいは、ここだけの問題だから、このような整理で事足りる訳ですね。問題は、D2層、Dh層をかんでいるということでこの地盤の難しさが浮き彫りになっていますので、そのところで今の〇〇委員の話だとか、私が言っているようなことが起こり得るんじゃないかということをお願いなんです。どうですか。

(委員)

22ページの左上に①の性状のばらつきのところ、性状をいくつか分けているじゃないですか。このところはD2層に対して、考えることはできるんですか。要はここで得られているのは、コアの試験の結果であって、要するにD2層というのは幅がある層であって、この分布がどのくらいの割合で構成しているのか。それと一つ欠けているのが、亀裂の影響が入っていないんですよ。実は、物性値の中で下の脆いところの、例えば、18ページの上にあるような、Dc2層の強風化頁岩、これは水の影響を受けていない力学的な履歴を受けた形の頁岩だと思うんですよ、灰色なので、それと、その下のDc2層の強風化頁岩、これは逆に、上のDc2層が水の影響を受けて、風化の影響を受けた頁岩で、同じDc2層であっても別物なんです。単体としてのコアとして見た時には、Dc2層として見ることはできるんですけども、上のDc2層は亀裂とか節理の影響をもの凄く受けていて、全体の性質としては、ワンオーダーぐらい強度が下がると思うんですよ、だから、単体としての強度はこれです。だけど、それが幅として層が存在した時にそれをどう評価するのか考えられた方がいいんじゃないかなと思います。単純に平均とかじゃなくて、最大、最小で見るんじゃないかと、例えばD2層が3mあって、上の部分が50cm、下の部分が何cmぐらいとかの分布はあらかじめモデル化の中で入れると、D2層自体の全体の物性値っていうものを評価できるのではないかなと思いますが、いかがでしょうか。

(委員長)

ご意見としてメモ全部取っててくださいね。それで検討して下さい。

(委員)

〇〇委員が言われたように、もう少し分布が大まかでも分かれば良いと思うんですけど、ナトムで掘っている間の記録というか、その辺のところ弱い層がどこにあるのかわかっていうのはある程度分かっているんじゃないかなと思うんですけど、その辺いかがでしょうか。

(委員長)

そうですね、経験こそ大事ですから。

(委員)

もし可能であればぜひ出してほしいんですけど、18ページのD2層の工学的評価はN-4とS-4なので、3連トンネル付近のD2層の評価なんです。それで大断面トンネル付近のD2層の評価も同じように評価して頂いて、コアが取れているところと、取れていないところがあると思うんですけども、その部分はかなり重要かと思うので。

あと平面的にいろいろなボーリング孔でD2層の試料をとっていると思いますので、ばらつきみたいなのが平面的にどういった広がりを見せているのかが分かると、後々の解析にも役に立つのではないかと思います。例えば、N-2のD2層は、Ds層とDc層はこうなっているんだけど、もしかしたら、C-1とかC-2とかはとれなかったのか、C-5とかC-6ぐらいのところのD2層のばらつきとか成り立ちとかどう違うのとか、同じだったら今の評価でいいと思いますけど。先ほど言ったように風化の度合いが同じDc2でも全然違いますし、挙動も全然違ってくるのではないかと思います。もちろん平面的な広がりを確認しているとは思いますが、それを絵的に表現してもらえると、こちらも議論がしやすいと思います。

(委員長)

両サイドは、N-3、N-4、S-3、S-4等、ボーリングで地質は明らかになっており、中央付近は3連トンネルの中央坑を掘った時の観測データがあるはずなので、そのデータを並べたら、横断方向はどうなっているのか正確な地質の見方ができるようになるはずなんです。そういった図面が出てくると、なおわかりやすい。

今後の意見として、納得ができる説得力がある資料作りと、それによる分析、指標の使い方等、工夫をしていってもらえるとありがたい。

D2層全般としてはこうですよといったものは、結論として37ページにまとめており、全般としてはこれでいいが、再掘削に向けた問題箇所がだいたい絞られてきたので、これまでのような話を含めて、客観的な見方で、どういった対策を講じていったらいいかを検討していってもらいたい。

他に、地質全体を通じてご発言いただくことはありますか。

(委員)

最終的にはどの範囲をどういう工法で地盤改良するかということですから、先ほどからおっしゃっていた分布を正確に把握することがとても重要だと思います。

(委員)

変形係数については、水平載荷試験をやられたんですよね。非常に小さい値が出ると

というのが、載荷装置で、ある範囲で値が出てくるのでしょうか、どういうふうに出てくるのか。ある局所的に小さい値または大きくなってというのが、それともその周辺は全部小さいのか。

(大成 JV)

孔内水平載荷試験の幅は 50 cm ございまして、そのゾーンにどれくらいダメージゾーンがあるのかで試験値が変わります。例えば 18 ページの一番上につきましては、かなり連続した悪いゾーンがあつて、その 50cm の変形特性を測っていくということです。ある程度の幅はあります。

(委員)

そうすると、小さい値が出たところの深さあたりはそういう性質だということか。

(大成 JV)

そうです。ある岩級区分を代表した箇所に変形試験をやっております。

(委員)

以前説明いただいたかもしれないのですが、27 ページで、地下水位状況が右下に時系列であります。約 50 日間で地下水位が 17m 低下したというグラフがあります。この間で沈下はどれくらい起きていたのでしょうか。

(大成 JV)

ここは連絡坑と同じ断面で、まず標準Ⅱ型に先進導坑で入って、3 連にとりついていったのですが、このとき地表面沈下が 25mm くらい、先進導坑を抜いたときにありました。内空変位はそれよりも小さかったという状況があつて、内空変位よりも地表面沈下が大きく、力学的な説明だけではなかなか難しいと考えられました。また、このような地下水の低下も見られたということで、そのときの結論といたしましては、地表面沈下 25mm のうち半分くらいがおそらく力学的な変形で、残りの半分は地下水が抜けたことによる Dh 層か D2 層かの圧縮による沈下ではないだろうかという考えがありました。

(委員長)

50 日間経過して、水位が低下しますというときのスタートライン、42m 離れたところの 158 基の炭質頁岩が出たところで水が下がり始めた。この 158 基の掘削時点が一番上の矢印、黒い枠で囲ってある 9/17 水頭 0.3m 低下、この時点がここですか。

(大成 JV)

概ね 9 月 18 日とか 9 月 28 日、このあたりが 158 基だったと記憶しておりますが、今、正確なデータを持っていないので改めて回答します。

(交通局)

検討委員会の資料では、149 基を 9 月 17 日に掘削しており、9 月 28 日に 158 基を掘削したとの記載があります。

(委員長)

そうすると、どこを始点と見るかになりますけども、どちらかと言うと少し前の 149 基から水が下がり始めていたと理解していいですかね。

つまり、これはトンネルの断面と言うことで良いですね。No.23E-4 は。

そのボーリングの水が下がり出しているのが、結構早くから下がり出していると言うことですよ。

この No.23E-4 は、後で全体の水の理解の時に問題になるんですけども。その理解で良いですか。かなり早くから要は横の方からどんどんと水が入ってきていたということでしょう。No.23E-4 は歩道の方にあつて、トンネルの断面がちょうど 149 基か 150 基と書いてるところまで掘った時に岩盤のところのボーリング水位が下がり出したとそういう理解で良いですよ。

(委員)

149 基に入って Dh 層のところ突っ掛かったんで、その先行するところに繋がっている No.23E-4 のところの地下水位が下がり出したと理解していました。

報告資料の 6 ページに図がありますが、149 基の辺りで炭質頁岩層にぶつかりはじめますが、そこが炭質頁岩層のある No.23E-4 まで繋がっているんで、そこを掘り始めて、その辺りの水まで引き込んできたと解釈しています。

(委員長)

この D2 層が多少、水みちになっていると。そういうことですかね。

(委員)

その D2 層の下ですね。そのように解釈していました。

(委員)

D2 層から出ているのか、その下から出ているのかはわかりませんが。

(委員長)

そのあたりはわかりませんが、亀裂があるかもしれませんし、わかったこととすればD2層と出てきた炭質頁岩とそこに繋がっていたというようなそのような理解もある。ただ横からもよび込んできていると。

(委員)

そうです。

(交通局)

補足でございますけども、今の27ページの上の縦断図を見ていただきますと、縦断の横方向にグレーのラインが入っておりますが、これが中央坑を掘削したときに炭質頁岩が出たラインであります。Dh層のラインがグレーのラインです。それがちょうど、149基といいますと標準I型の終わり付近ですけども、その付近から炭質頁岩がトンネルの中央坑内に出てきていまして、その付近からNo.23E-4の岩部の水が下がり始めたということですので、水の下がり、地表面沈下と炭質頁岩は関係が深いと思います。

(委員長)

それであれば、やはり用心しなければいけないということですね。では、対策も頭に入れておいてください。後程、議論になると思いますから。では、よろしいでしょうか。

(委員)

水の流れが、炭質頁岩層の存在によって左右されているということと、炭質頁岩層の透水係数の値が高いと考えて良いのかということと合っているとのことで良いのでしょうか。

(委員)

頁岩層の上あたりに溜まっているところは水の溜まりみちではないかと。

(委員)

ということは何か境界部分みたいなところのどこかに水みちがあるんじゃないかと。

(委員長)

休憩に入る前に、水のことについて私の方から提案しますので。先に進めるためにです。今No.23Eの話がありましたので説明します。

水位を観測しているのは、土砂層の水位と岩盤層の水位があります。それとトンネルの立坑の水位があります。最初に、土砂層の水位は上に4つぐらい固まって、T.P.100.8、

T.P.100.6, T.P.98.8, T.P.98.4 とあります。これは明らかに上の土砂層の表面水位を観測した値ですね。ただ、その中で四つ目の、この図の陥没層の一番先の方に、27S-1 (岩盤部) と書いてありますね。そこの水位ですけれども。これはもう最初から岩盤と書いてあるんですけれども、岩盤ではなくて、〇〇委員も言われていたように、岩盤でも土砂層の水が混じっていると考えられます。ですから、これはもう除外した方がいいと思います。そうすると残る三つは地表面の土砂層の水位なんですね。これが大体 T.P.100m 前後です。3m ぐらいの深さのところの水位ですね。それがどこかと言うと、前に調査したボーリング孔で No.22E-2 というのがありますね。土砂部と書いてあります。ここが T.P.100.8 ですね。それから次が先ほどから問題になっている 23E-4 が T.P.100.6 なんです。この間の距離が 130m ぐらいあります。測定誤差も考えれば、ほとんど同じレベルで地表面の水があります。

それから今度は下に行きます。立坑の中心から 15m 下のところに、No.2-2 (土砂部) というのがあります。これが T.P.99.8 ですね。そうすると、1m ぐらいの差があるんです。距離は 100m 以上ぐらい離れていて、1/100 ぐらいの動水勾配が、そうすると土砂層の透水係数を考慮すると、流速が出てきますね、割合大きめの値が出てくるんですね。そうすると北から下にきているんじゃないかと。さっきの地表の流れが北側からこっちに来て下がっているとおっしゃってますよね。流向と合いますね。それから次に、下の岩盤層。これも 3 ポイントあります。今度の K-1 も含めてですが、T.P.92.8, T.P.92.2, T.P.90.7. T.P.90.5 は立坑ですからちょっとこれは置いといて。上 3 つが岩盤部の観測値なんです。K-1 と言うのは先ほどの左側の No.22E-2 のところの横に、今回新しく観測をしましたというのがそれですね。それからもう一つが、T.P.92.2 というのが、立坑の No.2-1 で、立坑の下のところの水位です。これと No.23E-4 です。この全体を見るとですね、一番下がっているところで 2m。それで、少し斜めに、南西から北東の方にゆっくりと。岩盤のところの透水係数如何によりますが、導水勾配はほぼ似たようなものですよね。120m~30m ぐらいの距離で 2m の水位差ですから。岩盤の中ですからゆっくりゆっくり流れていると。流れがほぼ明らかに表面のところと下のところが違うと。

いずれにしても岩盤層はやや北向きの流れ、上の方の表面水はやや南向きの流れ、2つの土砂層と岩盤層の水の流れであると理解してもよいと思われま。それともう一つ、トンネルの中の水ですが、立坑内で 90.5m です。だから 3つの水位があると理解されるわけ。そういう状態の中で工事を再開していくわけ。水を抜くにしても、何をしてもそういう理解をして考えていく必要があると思っておりますので、あえて今の説明をしたわけ。

(委員)

2つではいけないんですか。岩盤部と地表部と。

(委員長)

トンネルの岩盤部の水位は、先ほどの T.P.92 で、立坑の中が T.P.90.5 です。仮に地下車路や通路がすでにあって、その周りは全部がっちり固めてありますので、ダムみたになっているかもしれません。同じ水位が私的には、ずっとアンダーピニングとの境まで水圧がかかっていると思います。

アンダーピニングの基面が T.P.82 ですから、そこで水が出ていて、そこで一つ水位を保っている。ここにダムのようなものがあるって、水位差がついている。下からアンダーピニングでしているわけですね。今、アンダーピニングの基面が 82 で、そこである程度出ているとも考えられる。

(委員)

陥没しているところは埋めていて、上部の影響が下部には地下水を見る限り及んでいないというそういう見方でしょうか。

(委員長)

下のトンネルまで来ていないかということ、いや、それは違うと思います。ここで休憩を入れましょうか。

(事務局)

それではただいまから、休憩の方に入らせていただきたいと思います。

～休憩を挟み委員会再開～

(事務局)

これより会議を再開いたします。では、樗木委員長よろしくお願いたします。

(委員長)

それでは、再開いたします。次は、掘削工法の大きな枠組みと地盤改良について話していきます。まず事務局から説明をお願いします。

(大成 JV)

この後、再掘削工法、地盤改良工法についてご討議頂きますが、まずは、その前段としてトンネル完成に向かうまでに必要な施工ステップ、また、この施工ステップで考えられるリスク、また、その対策工について時系列で説明したいと思います。まずは、全容を説明してからご討議に移っていただこうと考えています。参考資料の 1 ページを

お願いします。

大断面トンネル、標準トンネルから3連トンネル、それぞれ地質の状況が違う中でどういった時系列で施工を進めていく必要があるのか、また、リスクや対策がどの段階で必要となるのか、こういった観点で今後の施工すべき内容及び順序、施工段階で考えられるリスクや課題等を、そのリスクに対してどういう対策をどういう段階で打つ必要があるのかを説明致します。まず大断面トンネル、標準、3連トンネル共に地質調査が終わって観測井戸、層別沈下計等の計測器の設置が終わった段階であります。

今後、両トンネルとも坑内の排水が必要となります。排水の過程で考えられるリスクは大断面トンネルについては、陥没部からの地下水の流入、土砂の流入、これにつられて地盤沈下や陥没を起こすリスクがあります。標準トンネル、3連トンネルについては、標準トンネル、3連トンネルの現状がどのようになっているのかということですが、参考資料の2ページに記載しておりますとおり、3連トンネルにつきましては、中央トンネルが出来ておりまして、上部にはAGF等の鋼管が打たれて薬液注入等がなされています。側部は、FRPのボルト等で補強がなされている状態です。吹付け等につきましては吹付けコンクリートが厚み200mm、支保工については150Hがピッチ1mの状態を設置されている。支保の吹付けの外周部には、5mmの150メッシュの金網がなされた状態で20cmの吹付けがなされています。トンネルの中につきましては、構築の下床桁、鋼管柱の設置が完了した状態で、上部の梁を作るための型枠支保工等を組み上げて構築工に移っていた状態です。土砂等の高さについては不確定ですが、陥没部から流入した土砂が溜まっている状態、水が満杯に張られた状態であろうと考えています。

排水の段階で標準トンネル・3連トンネルにどういったリスクが考えられるのかということですが、陥没時の影響・内外水圧差により吹付コンクリートが既に破損している場合や、排水に伴って破損が起きる場合には地下水、土砂の流入、地盤沈下、陥没といったリスクが考えられます。また、委員長からもありましたとおり標準トンネルⅡ型の上部については、地表面が50mm弱の沈下を起こしており、また既存の躯体もそれに合わせて沈下を計測している状況です。こういった中でまず、トンネル全体の排水を行う上でのトンネルに対するリスクとしては、大断面トンネルについては、大断面上部の地盤改良を対策工として施す必要があると考えられます。主には博多粘土層から緩んだ砂層に対して、薬液注入や高圧噴射、凍結工法が考えられる工法であり、どの工法を用いるか、またはどう組み合わせるかということが対策になってこようかと考えています。また、トンネルの天端に空隙が発生していることも考えられますので、上部地盤だけではなく、トンネル天端を充填、またトンネル内部に堆積した土砂にも薬液注入による充填を行う対策も考えられます。標準・3連トンネルに対しては、支保が仕上がっている状態であり、その状態が現状では分かりませんが、排水の過程で何らかの損傷が発生する可能性はあると考えています。そういった中で、対策として考えていくことは、沈下

に対しどのような基準値を設定して、工事や排水を止めるのかということを整理しておく必要があります。また負圧等については、トンネルのどこかにエア抜き用の穴を設置する検討が必要と思います。

例えば、異常がある前の判断というのは、土砂層の水位を測りながら、排水と併せて異常がないか等をみながらのことになりますが、何かあった場合の水位を下げる為のディープウェルという対策が一つ考えられると思っています。水を抜きながらの対策としては、地盤の沈下が大きくなった場所への薬液注入であったり、ディープウェルによる緊急排水を対策として考えながら、坑内排水が進んでいくと想定します。坑内の水の抜けた状態で次は何をすべきかと考えると、トンネルの中に溜まっている土砂の撤去、また水没させている機材の撤去が必要になってきます。

この過程においても土を除去しながら適時、吹付コンクリート等の異常があれば補修や止水処理などが対策になってこようかと考えます。

その後、標準・3連トンネルについては、施工のステップとしては、3連の途中になっている構築、いわゆる二次覆工を巻いて、トンネル天端の充填コンクリートを打設して、まず中央部を仕上げるという手順でトンネルは進んでいく予定でございます。

その後、中央を支えた状態で3連トンネルの左右坑の掘削に施工ステップとしては進んでいくのですが、この過程で考えられるリスクとしては、トンネル上部に存在しています炭質頁岩の崩落や、D2層の弱部、また地下車路の既存土留壁、こういったものに起因する地盤の不安定化、結果としては地下水や土砂の流入による地盤沈下、陥没に繋がっていくと考えられます。これらに対しては、事前に掘る前の対策を考える必要があるということで、たとえば、凍結工法やパイプルーフ、またはこれらの組み合わせというような対策が考えられます。

坑内充填工は、トンネル天端に空隙があれば、この部分についての充填を行うことを考えております。

標準・3連トンネルにつきましては、左右坑を掘る前の対策工と申しましたのが、まだイメージの段階ですが、パイプルーフを左右の上部に先行して打設する案や、左右のトンネル上部に対して事前に凍結をかけて地盤を補強する案、こういったことが事前に左右を掘る前の対策として考えられるということです。

それでは、施工手順の話をさせていただきますが、3連の構築が出来上がる頃と合わせて大断面トンネルへの上半の拡幅が施工の順番として出てきますが、上半の拡幅掘削、いわゆる掘削に流れていく過程で考えられるリスクとしては、トンネル上部地盤の不安定化やまた既設の支保工の損傷等に起因する地盤の不安定化があり、これも結果としては同じように地盤沈下・陥没に繋がっていくであろうと考えられます。

申し遅れましたが、排水をした段階で直ちに大断面の手前に隔壁を設置して、土砂の流動等を防止する対策も考えられます。

掘削に際しては、凍結工法等でD2層を補強する方法や、掘削に合わせて支保や補助

工法を強化したり、掘削断面等を最小化して影響を小さくする等、こういった対策をとりながらトンネルの掘削を上半・下半・インバートと進めて早期に二次覆工まで持ち込んで安定な状態を作るといような手順で進んでいくと考えています。

また、あわせて標準トンネルや3連トンネルについては、同じようにトンネルの左右を掘る前の地盤への対策、また、掘りながら支保工に補強をかけたり、補助工法を強化したりするような対策の組合せはあるかと思えます。

その後、3連トンネルの中央、左右の掘削の完了と併せて、標準トンネルの残している作業としてインバート掘削がありますが、これについても、場合によっては、掘削スパンを分割させたり、もしくは上部地盤への薬液注入等を行い沈下対策を講じると、そういったものも考えられると思えます。

こういったような手順をもとに、リスクやその対策を組み合わせながら、最終的にはトンネルの完成を目指していくことで考えています。全体の手順をご説明させていただきましたので、この後、詳細な討議に移らせていただければと考えております。

(交通局)

それでは、3. 再掘削工法について説明いたします。

まず、表紙に目次を示しておりますのでご覧ください。

説明内容として2つの項目がございます

一つ目が工法選定にあたって

二つ目が工法比較でございます。

一枚めくっていただき、工法選定検討のフローについて説明いたします。

前回8月31日の技術専門委員会にて非開削工法について検討を深め、議論することとされております。

今回の討議では、赤枠で示しておりますとおり非開削工法の検討深度化を図っております。なお、工法の絞込みは安全性を最優先としつつ、市民生活への影響も考慮した比較が重要であると考えております。

2ページをご覧ください。

工法選定にあたっての現場条件としまして、地質調査から得られた想定陥没形状や地下埋設物敷設状況についてですが、想定陥没形状につきましては、先ほどの討議事項1地質調査結果中間報告(その2)でご説明がありましたので説明は割愛させていただきます。

地下埋設物敷設状況につきましては、図面のとおり、下水管が4本ありますが、このうち径が1.5m以上の管が3本あります。その他にも、水道、ガス、電気、通信等の地下埋設物が輻輳して埋設されています。

3ページをご覧ください。

このページでは大断面トンネルの陥没前時点での支保工設置状況を説明いたします。

大断面トンネル区間の掘削方法は導坑先進掘削方法を採用しており、左の平面図の青線で示しております導坑掘削施工済の区間約 10mと、緑線で示しております切拡げ施工済の区間約 5 mの区間があります。

それぞれの区間で設置済の支保工，補助工法は右側の断面図のとおりとなっています。4 ページをご覧ください。今回，特に討議していただきたい事項の一つ目です。

この比較表は，大断面トンネル区間を再掘削する際に想定される工法を安全性や市民生活への影響面から比較したものとなっています。

非開削工法を 2 案示しており，前回の討議でわかりにくいとのご指摘を受けたことから参考として，開削工法についても記載しております。

このページでは，それぞれの案の施工概要と特色についてご説明し，施工ステップや安全性については，5 ページ以降の具体的な資料を用いて説明をさせていただきます。

人工岩盤掘削の施工概要は，地上から地盤改良を行い，人工岩盤を形成して横穴式に地中を掘り進み，トンネルを造る手順となります。

次のページ，5 ページに具体的な施工ステップを示しております。

まず，ステップ 1 で陥没部の地盤改良と水抜きを行います。

次にステップ 2 で，大断面トンネル内に堆積している土砂が流動化しないよう，また，標準から 3 連トンネルで安全な施工環境を確保するために必要となる隔壁を設置し，大断面トンネル内に空洞が残っている場合は充填を行います。

ステップ 3 では，手順としては通常のナトムと同様となりますが，必要な補助工法や計測管理等を行いながら，十分な安全性を確保しながら 1 サイクル毎に掘削，支保工設置を行います。

ステップ 4 の，鉄筋コンクリート構造による躯体を構築し，施工完了となります。

6 ページをご覧ください。

人工岩盤掘削のリスクとその対策についてご説明します。

右上の凡例に記載しておりますとおり，リスクの小さいものを緑色，大きいものを赤茶色とし，中間を黄色で区分しています。

この資料でのリスクの大小は，発生した場合の損害の大きさを評価しているものではなく，対応策によってリスク発生の確率を大幅に低下できるかといった視点や，発生する損害自体を許容できる範囲に収めることが可能であるかといった視点から評価を行っております。

左上に記載しております a 及び b については，トンネル掘削時に周辺地山が変位した場合，周辺建物や地下埋設物に影響を与える可能性を記載しております。

黒枠囲みの対応策欄に記載のとおり，地質調査結果を踏まえ，事前に実施する変位解析で概ねの変位量を算定することや，掘削時の変位が建物に対して有害な値とならないよう補助工法を計画すること，地下埋設物の移設や防護を行うことで対応が可能であると考えられることから，3 段階評価の中でもっともリスクの低い評価としております。

左下に記載しております，cについては，高い地下水位に対する止水対策が不十分な場合，トンネル坑内に地下水が流入する可能性を記載しております。これにつきまして，黒枠囲みの対応策欄に記載のとおり，トンネル上部の地盤改良の外周部に側部から地盤改良体に水が浸透することを防ぐ遮水壁等を設置し，平面と側面の2重のバリアによってリスクを大幅に低下させることが可能と考えております。

dについては，雨水幹線や障害物等の影響により未改良部ができた場合，トンネル掘削時に上部の地盤が緩み，水や土砂が流入する可能性を記載しております。

この対応策としまして，cと同様の遮水壁等の設置に加え，地盤改良を組み合わせることによって発生の可能性を低下させることが可能であると考えております。

人工岩盤掘削を採用する場合は，トンネル断面をどのように分割して掘削していくのか，いわゆる加背割についても検討する必要があります。

今回は，FEM解析等を進めていく上で何らかの掘削方法を仮定し，計算を行っていく必要があることから，比較検討を行っております。

具体的には，導坑先進工法，側壁導坑先進工法，中壁分割工法の3つの方法が考えられます。

導坑先進工法については，既存の先進導坑の支保工を活用する案です。

側壁導坑先進工法については，左右の導坑の掘削時に既存の先進導坑掘削時に設置した支保工を切断する必要があり，その際に中央上半の部分に大きな圧縮力が作用することになります。このため，既存の先進導坑内の堆積土砂を十分な強度で充填することが必須となります。

中壁分割工法については，既存の先進導坑を左右に分割する形で中壁の支保工を設置することになるため，中壁の支保工背面の堆積土砂を十分な強度で充填しておく必要があります。

安全性の面から比較しますと，側壁導坑先進工法及び中壁分割工法は一部の堆積土砂を十分な強度で固める必要があり，改良強度が不十分となった場合，支保工の座屈を誘発させる可能性があることや手順が複雑となることなどから難点があると考えております。

7ページをご覧ください。

このページでは特殊シールドの概要や施工ステップを記載しております。

黄色の枠内には，当該区間では通常のシールド工法による施工が不可能である理由を記載しております。

特殊シールドは，先行して掘削設置するセグメントをシールドマシンのカッタービットで切削可能な材料とすることで，後行のシールドマシンでセグメントを削りながら非開削で連結する方法を想定しております。7ページの資料では先行と後行のシールドセグメントがどの程度重なるのか判りにくいため，参考資料の3ページに平面図と断面図を載せていますので後ほどご覧ください。

本現場への適用性欄に記載しておりますとおり、既存先進導坑の支保工を予め撤去しておく必要があることや施工実績が無いことを踏まえた試験の実施等が必要となっております。

下半分には施工ステップを記載しております。

まず、ステップ1で陥没部の地盤改良と水抜きを行います。

次にステップ2で、大断面トンネル内に堆積している土砂が流動化しないよう、また、標準から3連トンネルで安全な施工環境を確保するため、さらにはシールドマシンを到達させる壁として必要な隔壁を設置し、大断面トンネル内に空洞が残っている場合は充填を行います。

ステップ3では、先進導坑掘削時に設置した支保工のうち、シールド掘削に支障する鋼材等を撤去します。

ステップ4では、シールドトンネル同士を接続する作業時に必要となる空間を設けるためのパイプルーフを隔壁を貫通する形で標準トンネル側から施工します。

ステップ5では、先行及び後行のシールド掘削を行います。

ステップ6では、中柱の設置やセグメントの切り開きと接続を行います。

8ページをご覧ください。

特殊シールドのリスクとその対策についてご説明します。

abのリスクと対応策につきましては、先ほどご説明しました人工岩盤掘削と同じ内容となっております。cのリスクにつきましても同様ですが、対応策については記載のとおり、密閉型のシールドマシンを使用することや隔壁設置によって地下水流入のリスクの低減を図ることが可能であると考えております。

左下のd トンネル上部の荷重を支えるトンネル支保工の切断によりトンネルが変形した場合、水や土砂が流入する。につきましては、地質調査結果を踏まえ、事前に実施する変位解析で概ねの変位量を把握すること、坑内充填を十分な強度で確実に実施することで影響を抑制する等の対応策があると考えております。

これにつきましては、事前説明においてわかりにくいとのご意見をいただきましたことから補足で説明をいたします。

具体的に特殊シールドでの前処理として、先進導坑を連続的に切断する必要があります。切断が必要な区間は約10mとなること、連続した切断が必要となることなどから、沈下に伴う水みちの発生等も懸念され、相当程度のリスクがあると認識しています。

e 支保工撤去のための刃口（鋼管）推進工施工において、鋼管引抜時に地山が緩んだ場合、トンネルの変形や連鎖的な湧水が発生する。につきましては、dと同様の対応策を想定しております。

f 雨水幹線や障害物の影響により未改良部ができた場合、シールド切開きのためのパイプルーフ施工時にトンネル上部の地盤が緩みトンネルが変形し、水や土砂が流入する。の対応策につきましては、人工岩盤掘削のリスクdへの対応策と同様の記載となっ

ております。

g シールド掘進範囲に障害物があった場合、シールド掘進を一旦止め、人力撤去等が生じる。につきましては、崩落孔を通過してトンネル内に障害物が入っている可能性があることが想定されるため、シールド掘削前に横穴掘削を行い、障害物を撤去することが有効です。しかしながら、シールド掘削範囲の全てを事前に横穴掘削できるのであれば、一度必要な空間を横穴で掘り上げることになるため、シールドによる施工自体が不要となります。このため、シールド掘削を検討する場合、一部の範囲で障害物が残っていることを想定しておくことが必然となります。

この場合の対応策としまして、シールド掘進を止め、人力により障害物を撤去することが想定されます。なお、この現場での当該作業には安全上のリスクを伴うと考えています。

9 ページをご覧ください。

参考としまして、開削工法の施工ステップを示しております。

まず、ステップ1で地下埋設物の移設やトンネル坑内の充填等を行います。

次にステップ2で、路面覆工、土留杭、中間杭の打設を行います。

ステップ3では、移設困難な埋設物がある箇所、今回の現場では比恵10号幹線が該当しますが、この管の上部及び下部には土留杭を設置することができないため、土留杭に代わるものとして、欠損防護地盤改良を行います。

ステップ4では、掘削や切梁支保工の設置を行います。

ステップ5では、鉄筋コンクリート構造による躯体を構築します。

ステップ6では、埋戻しや路面覆工の撤去、道路復旧を行います。

10 ページをご覧ください。

参考としまして開削工法のリスクとその対策についてご説明します。

左上のa 土留壁を設置するために使用する大型重機が、同荷重により不安定な状態となる。につきましては、30m以上の深さの土留壁を施工する杭打機は100トン程度の重量があるため、リスクとして記載しております。

対応策としましては、黒枠内に記載しておりますとおり、支持地盤の強化や小型の施工機械の採用等が想定されます。

b 高い土圧・水圧により掘削時に土留壁が変位した場合、地下埋設物に影響を与える。につきましては、非開削工法でご説明しましたリスクと同様です。

対応策については・2番目の土留壁や切梁支保工の剛性を高める。という部分が追加となっています。

c 高い土圧・水圧により掘削時に土留壁が変位した場合、周辺建物に影響を与える。につきましては、リスクが中程度の項目として整理しております。この理由としまして、土留背面の水圧を低下させるには、土留壁のひと周り外側に遮水のための土留壁を設置するもしくはディープウェルによって土砂層の水位を強制的に低下させる必要があります。

ますが、前者は用地境界までの離隔が取れないことから困難であること。後者は周辺土砂層からの地下水の供給量の方が汲み上げ可能な量を上回っていることから、水位低下を図ることが困難であることが挙げられます。

対応策についてはbとほぼ同様に記載の内容を想定しています。

d 土留壁構築時の既存サイドパイル等を切断する際に周辺地山を乱した場合、強度を低下させる。につきましては、用地境界付近まで設置しているサイドパイルを土留壁施工に伴い切断することとなりますが、この切断に伴い、周辺地山を乱し、周辺建物に影響を与えることからより慎重な検討が必要と考えております

e 掘削範囲内に出現する大きな重量の雨水幹線（比恵10号幹線）を露出させることで、変形や破損等が生じる可能性がある。につきましては、対応策として他と同様に、変位解析を行うことに加え、埋設管理者との十分な協議と適切な防護が必要と考えております。

f 大規模な土留欠損部の地盤改良において未改良部ができた場合、掘削時に水や土砂が流入する。につきましては、対応策として、試験施工による一定の効果確認は可能と思われませんが、強度や透水性にばらつきがあるD2層では地盤改良体の造成径が部分的に縮小し確実な改良が困難であることから、リスクが大きい項目として整理しております。

事前説明にて、D2層の改良が困難であるのかについて、専門業者の意見聴取を行うべきとのご意見をいただきましたことから、JVから地盤改良専門工事業者の4社に聞き取りを行っております。

その結果を参考資料の4ページに載せております。各社ともD2層については、改良が困難であるという回答がありました。

g 土留壁はトンネル上部までの設置となるため、土留壁の安定性が失われた場合、破損する恐れがある。につきましては、対応策として、土留壁の安定性を確保するための地盤改良工法を検討する。や、トンネルを貫通する土留壁の検討を行う。を挙げておりますが、このような施工については実績が少なく、岩盤の強度にばらつきが確認されていることから、リスクは大きいと考えています。

右上の市民生活への影響について、土留設置時は交差点内での車線変更が必要となるため、安全な交通動線確保の面から課題がある。と記載している理由につきましては、今回の現場において、博多駅寄りの交差点に近い側での作業となる場合、車線を南側に振る必要がありますが、交差点の反対側には移設が困難な地下車路があるため、交差点内で10m程度の車線変更が必要となり、安全性を確保した交通処理が困難であると考えております。

以上が各工法の施工ステップ、リスクとその対策となります。これらをまとめ、リスクの中と大のみを抽出し、総括した表が4ページの表となります。

討議資料2のご説明は以上となります。引き続き、討議資料3としまして地盤改良

について説明をさせていただきます。

まず、表紙に目次を示しておりますのでご覧ください。

一つ目が地質調査結果を踏まえた設計の考え方

二つ目が地盤改良工法

三つ目が大断面部トンネル部の地盤改良

四つ目が標準～3連トンネル部のリスクと検討コンセプトでございます。

一枚めくっていただき、地質調査結果を踏まえた設計の考え方について説明いたします。

陥没事故前は、D2層が持つ支持・止水機能に期待する設計思想としていました。

地質調査の結果から、崩落孔内はD2層が消失していることやD2層の不均質性、さらには、標準Ⅱ～3連トンネル部には炭質頁岩が連続的に分布することが判明しました。

坑内排水時・再掘削時のリスクとして、①上部未固結帯水砂層の地下水と土砂が坑内に流入する地下水のリスク、②トンネル周辺地山やトンネル天端部が力学的に不安定化するリスク、③トンネルの変形に伴い、既設構造物に影響が及ぶ既設構造物への影響リスクを想定しています。

これらのリスクに対して、大断面トンネル区間とそれ以外に分けて対応方針を整理しており、左側に記載しております大断面トンネルのリスク対応方針として、崩落孔がある断面については、地盤改良体で支持や止水を行う。

崩落孔周辺断面については、D2層が残っていることから、D2層の支持・止水機能を補強することを計画しています。

具体的な対応策につきましては記載の内容を予定しています。

右側に記載しております標準から3連トンネルのリスク対応方針として、D2層の支持・止水機能を必要に応じて補強することや、炭質頁岩の連続的な分布を踏まえた切羽・天端安定対策を実施することを計画しています。

こちらの具体的な対応策につきましては、FEM解析等によって対策工の必要性や範囲、方法等を検討していくことを計画しています。

3ページをご覧ください。

このフローは前回の委員会で示しておりますものと同じものでございます。大きく分けまして大断面トンネル部、つまり道路陥没して、トンネル上部に崩落孔が存在する範囲、それと標準、3連トンネル部の二つエリアに分け、検討しています。

縦方向には、水抜きの影響に対する検討、並びにその後の掘削に対する検討の各々の検討フローに分け検討を行っています。

4ページをご覧ください。

地盤改良の目的と概要について記載しています。表の左から薬液注入工法、高圧噴射攪拌工法、凍結工法とそれぞれについて、工法概要とメリット、デメリット等々を記載しています。

5 ページをご覧ください。

こちらは、現在実施しております地盤改良関連の室内試験の一覧表です。

試験結果が出揃っておりませんが、現時点での情報としまして、薬液注入工は、ゆるい砂層の細粒分が多い箇所の強度向上ができる薬剤について、一度実施した浸透試験に課題があったことから、浸透性を有し強度向上も図ることができる薬剤による再試験を実施していきます。

凍結工は凍結時の体積膨張率試験を行ったところ、上載荷重や側圧の条件で差が生じるため、どの程度の膨張率を見込んでおくことが妥当であるのか、現在検討を進めております。

6 ページをご覧ください。

地盤改良とあわせて実施を計画しているその他の補助工法についてご説明します。

①坑内充填工につきましては、大断面トンネル天端部の空隙や地下水を形のある物で置き換えるもので、施工方法としては、地上からの削孔、充填を計画しています。

②地下水位低下工につきましては、右側のイメージ図のように地盤改良体で囲った範囲の土砂層の地下水位を低下させるものです。

実施にあたっては、具体的に遮水壁をどの範囲に設置できるのかといった検討や、地盤改良終了後に実施する地盤改良効果確認ボーリングにおける土砂層の地下水状況確認結果を踏まえていく必要があると考えております。

7 ページをご覧ください。

大断面トンネル部の具体的な地盤改良についてご説明します。

8 ページをご覧ください。

左の平面図に示しております緑色の部分が、水抜き時と掘削時の両方を満たす地盤改良の範囲として計画しております。

範囲の考え方は左下の青枠内に記載のとおり、横断方向は官民境界近傍まで。縦断方向は陥没範囲または再掘削の影響範囲から定まる範囲のうち、広い方を採用することとしております。

平面図の破線から陥没中心側の部分は主に強度向上を目的とした地盤改良。破線よりも外側の部分は主に止水を目的とした地盤改良をあてる必要があると考えております。なお、平面図下の注釈に記載しておりますとおり、主に強度向上を目的とした改良範囲において十分な止水性が確認された場合、側部の止水を目的とした改良は不要となる可能性があります。

右下の縦断図には、次のページで整理しております検討断面として、A-A、B-Bの矢視を記載しております。

9 ページをご覧ください。

大断面トンネル部の地盤改良を検討する際の検討断面として、陥没部中心の崩落孔断面で切り取ったA-A断面と、拡幅掘削が終わっていない区間の中で最も天神南駅側の

断面を切り取ったB-B断面それぞれについて、現状や改良目的、範囲、リスクや課題、対応策について整理した表を示しております。

10 ページをご覧ください。

10 ページの左側には水抜き時の地盤改良を検討する際の手順を、右側には掘削時の地盤改良を検討する際の手順を示しております。

地盤改良体の強度は1 MN/m²で試算を行っており、岩盤物性値については、ばらつきを考慮し、平均値から標準偏差相当分を低減した値を用いた解析を進めております。

11 ページ以降で標準～3連トンネル部のリスクと検討コンセプトについてご説明します。

12 ページをご覧ください。

本日の討議1でご説明しました地質調査中間報告のおさらいとなりますので、説明は割愛させていただきます。

13 ページをご覧ください。

標準から3連トンネル部のリスクと検討コンセプトとしまして、今回の地質調査でD2層の不均質性を確認しており、D2層のみに支持・止水機能を期待することはリスクがあることから、D2層の不均質性に伴うリスクを包含できる対策について検討することを計画しています。

標準Ⅱから3連トンネル部に炭質頁岩(Dh)が連続的に分布することが判明したことから、掘削時の安定性について検討することを計画しています。

また、大断面部と同様に、排水時、左右坑掘削時に分けた一連の解析を行うことを予定しています。

平面図の上には青文字で具体的なリスクを記載しております。また、平面図の下には、対策工を実施する際、地上からの施工が可能であるのかについてエリアに分け、記載しています。

ご説明は以上となります。

(委員長)

ご説明ありがとうございました。

まず、先ほどの説明で再開に向かった工事の流れについて説明ありましたが、そこで、特に注意することがあれば、いただいておりますが、何かございましたでしょうか。概ねの手順になるのかなというくらいで、今後、検討していくプロセスで、変更になる可能性はございます。そういう意味では、詳細に詰めなくていいのかなと思いますが、何かございませんでしょうか。

(委員)

土砂撤去は、どういうふうな位置、時間的なスケールで入れるつもりなのか。おそら

く、D2層を強化した後の土砂撤去なのかと考えていた方がいいですよ。それは入れられておいた方がいいのではないしょうか。

(委員長)

それでは、どこかで、安全なところで、安全な方向に入れてください。

(委員)

同じく標準トンネル部から3連トンネルの方で、先ほど、最後の方の説明では、そちらの地盤改良の話は、特になかった。リスクだけは説明されたのですが、その破壊リスクのところに、地下水位を下げていくと、吹付コンの破損であったり、負圧が生じて陥没する可能性があるというところで、それに対する対策は、緊急排水のディープウェルの設置のみでいこうとされているのか、それとも、地盤改良を少し検討されているのか、そこは何かあるのですか。水抜きに対しての3連部の方の対策です。

(大成JV)

そこが、非常に私どもも悩ましいところございまして、陥没に伴う地下水の変動で、どこか破損があるのか、また、排水の過程で、それが起こり得るのか考えていただきたいです。場所は、全くもって想定がきかない中で、果たして、それをリスクと捉えて、全面的な対策を行うことが合理的なのか。この辺も色々ご助言いただきたいところでもあるんですが、その中の、察知する対策と、何か起きた場合の緊急の対策、こういったものをまずは考えています。

(委員長)

一番それが問題でして、すぐに対応できなければいけないわけですから、その辺も終わりのほうで何かアイデアがあれば頂いて、事務局のほうに一生懸命検討していただくということになると思います。後でまた議論をしましょう。

(委員)

確認したいのですが、大断面トンネルの位置、断面を今後変更するという余地はまだあるのでしょうか。

例えば、今先進導坑を掘っていますよね。その位置を天端に持ってきて、もう少し下に下げるといったことは可能なのでしょうか。線形とか勾配とかの問題があると思いますが、余地があるのかというところを教えてください。

(交通局)

線形として、レールを設置する高さについては、変えることができません。これは、

例えば博多駅側の施工で、仮受杭の設置深さですとか、3連トンネル部で構築が出来ていることから、レールレベルを下げるということは出来ないのですが、ご質問にありましたような天端高さをもう少し下げても必要内空に影響が無いという範囲に関しては、下げることはできます。ですが、かなり厳しい空間ですので、変更できる余地は僅かであるという認識です。

(委員)

少し下げるだけでも、かなり大断面部の施工が有利に出来る気がします。既に施工済みの支保があるので、その下からまた手が打てるので。そういうことも頭の片隅においてください。

(委員長)

検討していつてもうまいかない時に、そういう方法もあり得る、考えなければいけないという時もあるかもしれないということで、メモを取っておいてください。

(委員)

水位を下げる時のモニタリングの際に、坑内で何が起きているのかを映像で撮ることは出来ないでしょうか。水中カメラとかで確かめていくことが必要かなと思いましたので。

(大成JV)

現状は、立坑からトンネルの中に行く過程に空間はなく、ほぼ天端いっぱいまで土砂が埋まっている状態と思います。カメラを入れることを考えるとすれば、どこか部分的に地盤改良をかけて地上とつなぐ穴をつないで、そこからカメラを落とし込むということぐらいしか今は考えられないかと思います。

(委員)

まったく検討違いのことをやっていたらまずいわけですよ。

(委員長)

そうですね。どうやって監視できるかという中で、どこか横からでもいいですが、博多駅側の方から水平に掘って、パイプなどを通じて水中カメラを入れるという方策か、それがさっきの負圧対策と兼ねてやれるのだったら、やってみるとか色々アイデアはあるかもしれないですが、即座に捨てる議論ではなく、私も決めかねますので、メモの段階ということにしてください。

これで全体の流れを一応認識しつつも、再掘削の工法について、非開削・開削かとい

う議論を前回いただいて、その整理をやっていただいくなかで、多少詳細な検討をした結果をここにお示しいただいています。

これからどうやっていくかということを経済的にここで考えることはこの大きな役割と思いますが、何か意見はございますか。要するに開削工法は何が問題なのか。ご意見をいただきたいと思っています。

(委員)

D2層部分の高圧噴射攪拌工の改良体の造成についてですけれども、東京ではD2層の改良実績が無いので、専門業者に確認をしてくださいというお願いをしました。その結果、専門業者が困難という判断をしているのであれば、この窓開き部の改良は困難であり、加えて道路使用の問題も含めて考えると、やはり開削工法の採用は今の段階では厳しいのではないかと納得したところであります。

(委員)

討議資料2の4ページのところの比較表については、結論的には私は了解します。こういう形で、施工的な評価のほかに地元の状況も踏まえたいろんな評価の中でこのような形で非開削でいくんだと、しかもシールドについてはあまりよくないですよということについては、私も理解しましたので、特に異論はありません。

非開削を選択したときに、一番気にかかるのは、今は陥没部にだけ焦点があたっていますけど、全体の工程を考えたとき四つの工事があるんですね。陥没部の処理、3連トンネル部の掘削拡幅、シールドトンネルの築造、それからアンダーピニング部の構築とあるわけですけど、今まず一番大事なことはトンネル坑内の水を抜く、土砂を撤去することができなければ何もできなくなってしまいます。どういう手順でやったらこれらの工事が円滑に行くのか、そこをぜひ明らかにしてもらいたいと思います。陥没部の処理ばかりに注目して、そればかりやっていると、他の工事が止まってしまうかもしれません。それは避けたいと思っています。

そのときに一番大事なのは、陥没部のトンネルが大きな水みちになって抜けてくることを避けたいので、そこで何とか止めることはないですかということで、隔壁ということをお話しました。それと地盤改良を組み合わせる中で、どういう手順でやったらいいかということも今後の検討に加えてもいただきたいと思っています。

それから、もうひとつですが、大断面部の窓開き部のD2層の改良ができないという話があったんですけど、3連トンネル部も結局、改良部分がD2層になるので、その改良ができないということになると、非常に苦しいなというのが今日の私の印象です。

一方では、3連トンネル部については中央のトンネルについて、AGFで施工ができてきていますので、ある程度そこは評価をしてもいいのかなと思っています。このことから、左右坑掘削の際もAGFの効果みたいなものも参考にしながら、このD2層の改

良をどうしたらいいのかという検討をしていただきたいと思います。陥没部の地盤改良、それから非常に難しいかもしれませんが3連トンネル部の地盤改良、その辺も合わせて、ぜひ大まかな全体工程表をいただければ、どういう手順でやったらいいのか、何をポイントに手当すべきなのかがはっきりしてくるのかなと思っております。以上です。

(委員長)

〇〇委員何かございますか。

(委員)

今回、開削と非開削のどちらかということで、以前にもお話をしていたのは、開削ができるのであれば開削がより安全ではないかというお話をさせていただいたのですが、非常に難しいという、色々な要因があるというお話でした。一方、非開削の中で、今回シールド案が出てきましたが、基本となる人工岩盤掘削の案に対しては、一番重要なのは地盤改良を確実にを行うということで、地下水が下に出ないよう、確実な物を作らなければいけないということが一番重要だと考えます。この点について今回は地盤改良の範囲を示していただき、以前からお話をしておりました地下水を確実に抜いて欲しいということについても、考慮していただけるということでしたので、その辺りを確実にお願いしたいと考えております。

また、隔壁の話もありましたけれども、もし水圧がかかるような隔壁を計画されているのであれば、かなり頑丈な物を作らないといけないと思います。隔壁を作るのであれば、このことも考えていただきたいと思います。

ただし、地盤改良を確実に施工し、立坑から水を抜いても、坑内に水は抜けてこないということが確実にできるのであれば、そこまでは必要ないのかと思います。

隔壁は、トラブルを起こした時に、バルクヘッドというものを作りますが、それはかなり頑丈な物を作る必要があり、もし水圧を考慮するというのであれば、もう少し頑丈な物になるのではないかと思いますので、その辺りは検討いただきたいと思います。

(委員長)

ありがとうございました。

(委員)

私自身、若干ですが、シールド工法が諦めきれない点があつて質問しますが、元々、この委員会は地盤改良範囲についてであるとか、再掘削工法も当然見据えた上で検討していきましようということだったのですけれども、非開削工法であれば人工岩盤掘削もシールド工法も基本的に地盤改良工法の範囲等は変わらないという前提でよろしいのでしょうか。そこはどのようなお考えでしょうか。

例えばシールド工法の場合は、基本的には埋め戻せばいいのではないかと考えていて、その際、地盤改良範囲、人工岩盤掘削に比べて少なくなるとか、そういった点は特段ないということでしょうか。

(大成 JV)

おそらくシールド工法であれば、大断面を掘って地盤を緩めるという仮定がないものですから、改良を行う範囲ですとか、強度、これもいわゆる排水までもって、隔壁までつくれば、次のステップに流れるので、たぶん範囲も異なってくると、シールドは小さい範囲で済むのだらうとは思いますが。

(委員)

実は私もそう思っています。

(交通局)

特殊シールド工法で掘削できる段階になったら、おっしゃる通りになるかもしれないのですが、シールド工法をやるために、既に施工した一次支保工を隔壁の手前側から、推進工法とかで全部撤去するんですね。そんなことができる地盤改良が、きちんと施工できているのであれば、人工岩盤掘削で施工できるのではないかと思います。

仮に人工岩盤掘削であれば、支保ピッチを 50cm に変更するなど対応も可能ですが、シールド工法の場合は、地盤改良したところを信頼して、一次覆工を全部撤去するんで影響が大きいと思います。

その段階の地山のひずみについて、これは計算とかそういう話の世界というよりも、やはり実践の中でそれは、さすがに発注側として、厳しいなというのは、一応交通局の見解です。

ただそこは大丈夫ですと言われているところもあるので、少し摺合せがいるんですけど、費用の問題とか、そういったことではなくて、そのリスクについては、少しすさまじいものがあるなというのが交通局の見解です。

(委員)

先ほど説明があったところですね。

(交通局)

そうですね。手前側から全部撤去するんですね。そして推進管は抜いて、また次の箇所を全部撤去する作業を行うという話なんです。一般論としては、シールド工法の方が、リスクは少ないと思いますけれども、真ん中の柱を立てるのに、またシールドの外に出て行って、当然、パイプルーフかなにかしますけれども。この様にシールド掘進の

前後に2回、シールドの外の作業が必要になります。

(委員)

ただ、切り抜ける技術については、首都高速さんなんかではよくやられていて、国内でもかなり確立している技術だと思うんですけども、確かに7ページのリスクをどう評価するかということだと思います。そこを最終的にはもう少し深く検討するべきではないかというところが私自身はあるんですけども、みなさんがこれでよろしいというのであれば、これ以上言うつもりはありません。

(委員長)

これは、今日はそこまで決めなくいいでしょう。もっとしっかり追求しなさいというふうに受け取ったほうがいいんじゃないですか。

(交通局)

地盤改良の範囲が変わるか変わらないかの要点整理としては、いきなりシールドが行けるなら狭い範囲かもしれませんが、その前に横穴の前作業があり、これの影響範囲を考えると、人工岩盤掘削であろうが、シールドであろうが地盤改良の範囲は影響範囲をカバーするという考え方に立つと、どちらの案でも非開削工法であれば、今回の現場では地盤改良範囲は概ね同じになるという考え方ができると考えています。

地盤改良の範囲については、今回示させていただいた案を基にご討議を頂きたいと考えています。

(委員)

4ページの総括表がありますが、この方向性について全く異論はありません。おそらくこれから人工岩盤掘削についての検討を深めていくということになりますが、先ほどからお話があるように、止水対策が一番重要であろうと思ひまして、止水対策が不十分な場合についてのリスクは書かれてありますが、何をもちって不十分とするのかその評価をどうするのか、通常の監視方法とそれ以外も必要なのか、そういったことも今後の検討に入れていただければいいと考えています。

(委員長)

他に、何か追加するご意見在りますか。それでは、開削の一番の問題は上から掘っていくということもあって比恵10号の存在が難しいという議論はしたが、もともと下に大きなトンネルが掘られています。その空洞があるのに開削を上からしたケースが全国的にありますか。下に何もなくて上からどんどん掘り下げていく、それは下が埋まっていればやりやすいですが、大きなトンネルが、しかも壊れたトンネルが、下にあって、

空洞に近い状態であると考えた方がいいと思いますし、支保もしっかりしていないところもあります。そういう所で開削をやるという議論があるのかなと考えています。開削が難しいという最大の理由はここにあるのではないかと考えています。比恵10号の話よりも大きな問題をしっかりここで認識する必要があります。

(委員)

前回申し上げましたが、〇〇委員がおっしゃるとおりだと思います。

(委員長)

そういう意見が委員会の中で強くあり、非開削で進めますという大きな流れになっているとまとめていいですか。

非開削で実施する時に、〇〇委員がおっしゃったように、全体のプロセスの話やいろいろな話が入ってくると思うので、それぞれの断面をどういう手順でというのは示されたが、トータルの工程表というのはまだできていないので、例えば、中間駅を考慮して考えるとどういうふうになるのか、どういうストーリーになってうまくいくのかいかなのか。

そういうことも踏まえながら、工程表、手順というのは大まかに検討しながら詳細を詰めていくというのはあった方がいいのではないかと思います。そこについては、可能であれば、追加検討をやっていただきたい。

一方で、開削はないというのが我々の一致した意見でしたというのが統一した認識で整理したということで、次の話に進めていきたいと思います。

非開削でいった場合に、シールドでも地盤はしっかり固めておいたほうがよいというのがあると思います。

またシールドの問題については、いままでに構築した支保工を撤去したりする前処理が出てきます。人工岩盤掘削についても、地盤上の問題とかが出てきます。

シールドで行うにせよ、人工岩盤掘削で行うにせよ、さらにどういう追加の対策があるのかというのが、また次に出てきます。この辺りについては、今日議論をするのは難しいので、その点については、次回で決めるという認識で、地盤改良の方法について、資料を見ながら、討議して意見をいただきたいと思います。

(委員)

8ページのところの地盤改良範囲が記載してあるところについてですが、委員長が水の流れについて説明があり、理解が深まったと思うのですが、その中で、水の流れは深い位置で南から北へ流れているという話がありましたが、止水について、資料の中で、東西には止水壁がありますが、南北にはないのは、何かあるのでしょうか。民地境界のところになるので、止水壁の施工ができないということなのでしょう。

(交通局)

8 ページに A-A 断面, B-B 断面がありますが, この中で, B-B 断面については, 作図に誤りがあり, 止水壁が埋土のところまで立ち上げる必要がありますので修正させていただきます。A-A 断面につきましては, 流動化処理土がある関係上, 透水性がない, 施工できないところはしないという考えで立ち上げていませんが, 囲む形で考えておりました, 流動化処理土がある関係上, このような形で記載しております。

(委員長)

基本的にはやっぱりしっかりした水を遮断する注入量, あるいは薬剤の選び方になるのかどうかまで定かではありませんが, そうするのはきちんとあった方が良いのかなという気がしますよね。なお, その時に縦断方向, トンネルの軸方向については, 長さはいくらでも処理できますので, 影響範囲を考えて, その範囲の外側でやれるような工夫ができると思います。問題は, 横断方向です。

横断方向についても, 本当は伸ばしたいと思いますが, 建物の杭基礎とか影響が出てくるから, どうしてもここになると。でも, ここになったときに本当に止められるのかという心配があるわけです。

もう一つは, 前の地質の時に〇〇委員が少し言われた話で, 今のこの四角の中で水が全部止まるかという話ですが, 陥没の穴のほうに水が行っているんじゃないかという心配をしているわけです。私はこの一点だと思います。その理由は, この下の緩い砂層のところを少し水が流れているわけですね。それに接しているのは, 博多粘土層だとかその上の荒江砂礫層だとか荒江砂質層と接しているわけですね。ちょうど流速を計ったところで, そこから水がきて, ここに流れがあるわけです。この流れの真ん中のところの穴が下を開いているわけですね。

そうすると当然そこに水が流れ出てくる可能性は十分あるわけです。だからそうなるとう本当はできるだけこの四角の外側は全部しっかりしたものを造りたい。

それができるかどうかの一つの大きな問題です。そうすると今日のこの提案だけで済むのか。横が下げられない分をどうするのか。だからそこは地盤改良を工夫するしかないなど。

一つのアイデアは, ラップ型に下に注入して改良する方法はないのかと, できるだけここを確保したいわけですね。そういう一つのことでも皆様方で考えてほしいというのが一つです。要するに, どうしたらここを広げられるかですよ。

(委員)

トンネルに栓をして, そのの窪みを減らすしかないんじゃないですかね。一様の改良ではなくて。

(委員長)

トンネルに栓をするというのは水を極力下に落とさないためのやり方がありますが、まだ不確定要素が多いので、まだこうですと言い切れない。横断方向がこういう形でいいのかということは、まだ疑問点がありますよというのがご質問の趣旨にあるのではないかと思います。出来るか出来ないかは分かりませんが、今の方法は難しいということになりますよね。

それか全体をさらに強力な地盤改良で、全体を塞いでしまうというやり方にするか、3種類ですよね。

それから、期待するのは博多粘土層と荒江砂礫層で止水も強度も基本的にはそこでとるしかありません。D2層は期待が出来ない、天井のところは薄い、しかも横断方向の想定陥没形状は11mと長く楕円状に穴が開いていますという見通しですからね。D2層のところをどう処理するかはさっきの問題と絡むわけです。

(交通局)

先ほど言いましたように、基本的に止水の思想としては、上の流動化処理土については止水性があるということで、それにぶつける感じで孔のところを囲むという思想で施工計画を立てていきたいと考えています。

それでも変位とか色々なものによって、水みちができる。討議資料3の8ページで説明します。上は地盤改良によって水が漏れない状態にした後に、6mと11mの範囲で開いている部分を狙って、土砂がある程度溜まっていて、空洞もあるでしょうから、充填工のような座布団をひいて、その上にいわゆる岩被りのところがあるんですが、そこをがっちり改良して、風呂の栓をするような形です。

(委員長)

そうすると一応、範囲とか基本的な構図は今日提案していただいたものをベースとして、それからどこまで強化できるかという、先ほど議論が色々出たので。

問題は、先ほどのトンネルの中はどうなっているのかということで、水が溜まって空洞があるのか、それとも上からの砂が下まで続いているのか。

それによってやり方の可能、不可能がでできます。一旦上でしっかり固めてから穴をあけるから、下までおろすことは不可能ではない。陥没孔のところ、その為には上をきっちりしっかりやっておくことが前提で、先ほどのような議論もあったので、両方考えることになる。下の支えを作るためにも上がしっかりしていないとボーリングした時に壊してしまう、分からないのはAGFだとか鉄骨だとかいろいろなものがここにある。D2層を含めてここから下まで、これが傾いているのか、曲がっているのか、これも分からない。本当の支えになって綺麗に絵に描いたような形で残っているとはなかなか思

えないので、何か下から支えるのが必要です。まず空洞をおさえつけて、さらに必要なのは空洞下も、注入で LW など、砂層の中、あるいは上の緩い砂層と同じ構図だと思う。下まで落ちているから当然、それを埋め尽くして行って、ある幅で止水をしてしまう。そういうことをやれば D2 層の弱点も抑え込めるわけですね。それでシールドでいこうと、何でいこうと安全安心の方の水抜きになっていくことがポイントになる。交通局の方がおっしゃるような検討をぜひ進めていただければ我々としても安心かなと思いますが、どうですかね。

(委員)

今の話と直接関係ないかもしれないですが、先ほど〇〇委員が評価をきちんとしていたかと言われている、それと関連して、例えば今後、非開削で A というやり方がいいのか B というやり方がいいのか議論する時に、例えば再掘削工法についてという資料の 6 ページ、討議資料の 2 です。リスクとその対策がそれぞれの工法でまとめられていますよね、例えば 6 ページでいくとリスクが a とか b とか c とか d とか整理されていて、それに対してどんな対応をするのかがまとめられています。これだけでは十分でない気がするのです。もし、こういうことが起こった場合にどう対応するのかというのも、リスクに対する対策のひとつじゃないかと思うのです。起こらないのに越したことはないのですが、もし想定をしていないことが起こった時にどういう対応をしないといけないかもあわせて書いていただきたいです。その場合の対応が、例えば A という工法と B という工法でどちらが対応しやすいのかといった整理もしていただきたいです。そういった視点での整理もぜひお願いしたいです。それは今後の評価とも関係してきます。

(委員長)

最初に施工業者さんが説明されたのと似たような整理の仕方ですよ。

(委員)

改良体って実際やる時は、一気にこういった形ができるわけではなく、先ほどの地質の状況を考えるとものすごく不均質であり、同じやり方で同じ様に強度発現するのかという問題も一方ではあるのではないですかと思います。こうした面的な改良体を造るときに、どういう順番でするのかも考えておいていただきたいです。それと弱部になりそうなところを明確にして、そういった弱部にはどういうやり方で対応するのかといったことも合わせて示して頂くと議論しやすいと思います。

(委員長)

分かりました。できるようなしくみを作っていきたいと思います。

(委員)

先ほどの話に戻しますが、この穴の部分を細かくやるよりも、ある程度上のところを外観的に固めた後に、水抜きするじゃないですか、水を抜くことによって、どういう挙動を示すかある程度予測しておけば、下の空洞の形とか中身がどういうものであるか多分予測できると思うんですよ。だから、ここを深詰めして、土砂撤去しなければならぬと考えるよりも、水抜きの結果を見ながら、その状況がどうであるかをみて、対策を立てた方が合理的なような気がします。

(委員長)

それもありませんね。順序の問題とからみませんが。

(委員)

いい情報かまったく分かりませんが、陥没が起きた時、テレビ映像がたくさん流れましたが、穴が開いた一番、最後に下水道が落ちましたよね。あの下水道のコンクリートの殻が最後にトンネルの上にあるような気がしてならない。もし、それがあるとすると、土ではないので、途中の土砂は流れ込んで中に入っているが、うまく固まりにくいものがトンネルの上にあって、それが障害になりそうな気がしています。

映像の事実だけで推測してものを言っていますが、全部壊れてバラバラになっていればいいですが、変に下水の穴が残ったままで、中に空洞が開いていたりすると、薬液が入らないかなと思います。よく分かりませんが、うまく改善ができなさそうなものがあると考えながらやっていただけたらなと思います。

(委員長)

今までの真ん中あたりもボーリングを何本か行い、D2層近くまでやったが、そこまでは確認をできてないのが今回の地質調査の結果ですけども、底の方に落ちているかもしれないし、引っかかっているかもしれないが、それは分かりませんね。

今後、D2層以下までおろす作業をどこかでやれるといいと思いますが、上をしっかり固めた後に、ボーリングで確認をする。それから、徐々に固めながら下を確認するというのをやっていく方法はあるかもしれないですね。要するに空洞を埋めながらやっていくやり方です。

(委員)

止水のことで、先ほど〇〇委員の止水対策が大事だということ念を押されたんですが、壁を作ることで、あれで対策というんですけど、その外側は水があるんですよね。

どこかに一穴があってというのが、今回の教訓でもあるので、水は、弱いところに入

ってしまうんですよ。そういう意味では、端の部分が危ないのではないのかと思います。こんなことが可能か分かりませんが、これよりも外側にもう1つ壁を作って、その間を水を抜くということができないんですかね。

(委員長)

あり得るかもしれないですね。少し弱めの注入をしないと、そこに穴を空けたりして。

(委員)

本当に水を抜かないとだめなんじゃないかというのが、私の考えです。

(交通局)

今の〇〇委員からの件で、縦断方向、横断方向で条件が異なります。横断方向では用地境界を考慮する必要があります。強度が必要とされる範囲と、水を止める範囲の役割分担をさせた場合の話としては、用地境界との離隔の関係から、さらに二重させることは非常に厳しい状況となります。

一方で、主に強度向上のところも水を止める遮水性がある素材があるとするならば、外側でバリアした上で内側にも二重のバリアが可能となります。更にチェックのボーリングもして、水がすぐに復水しないことを確認しながら進めていく必要があると思っております。

(委員長)

水を抜くといいんじゃないかということですね。

(交通局)

囲んだ範囲の水を取ることも考えております。

(委員長)

ある程度下げてしますということですね。

(交通局)

そのとおりです。

(委員長)

上の水圧を下側のトンネルに流れ込まないように、水圧を下げておくということですね。周りを四角の水密性のものを造るのであれば、それはできるんじゃないかと、その時にそれだけでは不足する場合は少し幅を広げてでも、その代り、その外側は少し注入圧を

下げて、あんまり広げなくていいけど、注入圧を下げて緩めの止水でも。いずれにしても水を抜くという操作があってもいいんじゃないかということをお互いおっしゃっているような気がするんですけども、そのところを考えると、計画して、レイアウトするが一つの手ですねという意見です。

よろしいですか。周りを囲ってしまえば抜きやすいですね。それができるような仕組みを少し考えてみてはどうですかということですね。

(交通局)

討議の途中ですが、地盤改良の計算上の話になりますが、水を止める機能と、強度を向上する機能を分けて考えますと、今回、強度向上の方の塊で、一度、解析を回しまして、水を止めるところもちろん強度向上するとは思いますが、ないものとして計算して結果が OK であれば、良いという結果になるので、まずはどの形の計算に入っていくかというのをご確認いただければと思います。

(委員長)

そういう考え方、方法もあるということを知った上で、最終の詰めのところでは、水抜きはどうしても必要ですね。一生懸命考えていただき、ありがとうございます。

あと数分だけいただきますが、ここは今、だいたいイメージはできました。そのさらに確実性を増すためにどうするのかというので、今までいろいろなご意見が出たということを書き留めていただきたいと思います。あとどういうふうに処理したかということをやったり考えてほしいということです。あともう一つは、よく議論できなかったのは3連トンネル等の方ですね。あと数分いただいて、こういう方法があるよというのをどなたかいませんか。

確かに D2 層、トンネルの天端近くにある、あるいは横にある層で、上から注入が出来れば、ある程度補強が出来れば、何の問題もないんですけども、それが出来るところは多分限られてくるということ。その代わりやれる範囲はやりますよということで、やっていただきたいと思うんですけども、その間に問題箇所をしっかりと整理しとかないといけません。それは標準Ⅱ型で沈下が大きいところとか、天端近くにそういうものがあるようなところが残っているとか、そんなことで大体整理できると思います。その両方それぞれに、どうするかということのアイデアですが、この3連トンネルの問題だと思いますけれど、3連トンネルのところは車路があって、上から措置できないという形になっています。

(委員)

凍結という方法があります。

(委員長)

凍結というアイデアがひとつ主張されていますが、業者さんの方も凍結というひとつのアイデアとして残しておられますので、そこはひとつ詰めてみるという手はありますね。

他にどうですか。横から流れてくるか、上から処理できるんだらうけど。今日は凍結というのはひとつの考え方としてはあるよというぐらいに留めときます。

(交通局)

一般に凍結と申しましても、かなりメリット・デメリット等もございます。パイプルーフ案についても同様でございますので、これについては、幅広の検討をさせていただければと思っているところでございます。

(委員長)

ひとつは、今、施工している AGF やいろんなものがあるから、それがあ程度、期待できるのではないかという概念もありますので、その見方でみんな分かれているんですね。

やっぱり補強が必要だということ、それから、そうじゃなくて、何とかいけるんじゃないか、水を抜くまでは。あとは坑内側から色んな対策をどうするかというのをまた考える。3つくらい今、案が出てきたと。そのような案の中で少し検討いただければというのが、こちらの話だということですか。

(交通局)

水にトンネルが浸かっていますけど、初めから浸かっていたわけではなくて、崩落時点では、下半分くらいですかね、上は空気です。その後、崩落部の水と土砂が止まってしまうと、安定してきたというところ。その後、崩落部以外のところの一次覆工が、何らかの形でできるかできないかというところですけど、今の全体の計測は継続して引き続き行っていますけれど、基本的には、その時点から水をつけただけの行為で、圧力が均等になってきて、結局、楽をしてるんですね、現時点で。

そして排水する時に負圧の可能性がありますが、アンダーピニングがあるから、空気穴作ってですね、そのマイナスの分は解消しようと。また、どういう形で一次覆工を行ったかというのは、ある意味地盤改良を行っているんですね、AGF がどうだっているのは、評価があると思いますけれど。基本的には崩落部と違ってある程度の強度があり、それなりにラップをとって行っている中で補強された岩盤がそこに残っている。そして吹き付けもラスを施工している。そこは施工業者からも、施工計画通りやられてるということですので、そういった中をどう評価するかということなんですけれど、我々は、水抜くまでは慎重に計測とかやりながら、水の抜き方も、外の岩盤とかの水圧のバ

ランスについて、対策をとりながら、施工業者の手順で、何とか水を抜けると思っています。

再掘削するときは、ボーリング結果で、天端に炭質頁岩がでてきています。その施工は、トンネルの中から色々な対策をして、前回の中央抗はトンネル上部が高くて、今回は、中央坑よりトンネル上部が低く、面積が小さい方を掘削するので、安心しているわけではないが、プラスアルファの補助工法をやることで何とか掘削できると考えているので、ご助言をいただきたい。

(委員長)

その案と何か補強が必要である意見の二つがあります。

再掘削で横から掘削するのは中からできるので、水を抜く時に何か対策が必要であるか、焦点を絞って議論をした方が良いと思います。意見の中で、凍結すべきだとかパイプルーフとか何が必要であるかを決めかねています。対策が必要なところは、どこの部分なのか整理しないと、議論が進まないで、次回までに整理して、その対策については、改めて、委員会で議論することで。3連トンネル側は、その様なやり方で進めていきたいので、今の説明で良いのではないかと思います。

(委員)

それでよろしいです。

(委員長)

他に全体を通して何かありますか。最後にまとめをしたうえで、委員会を終わりにしたいと思います。

今回は、多くの幅広い意見が出て、様々な意見に対応したまとめ方が難しいので、事務局の議事要旨の報告をもとに整理をさせていただきたい。

(交通局)

これまで、議論いただいた内容を踏まえて、議事要旨としてまとめる内容を、確認をさせていただきます。

1「道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況」については、特にご意見もありませんでしたので、現在の状況を報告したとして、まとめさせていただきます。

2「地質調査の結果」につきましては、現在までの地質調査について状況を報告し、傾向としてばらつきがあることに対して、今回もばらつきがあることを再確認し、D2層のばらつきをどの様に評価するかが課題であるとの意見がありましたので、次回までに整理して、どの様に評価するかを議論していただくとして、まとめさせていただきます。

3「再掘削工法」については、安全性を重視した比較ということを提示し、意見交換を行ったということです。非開削を深めますという前回の結果、今回の人工岩盤掘削と特殊シールドについて資料をご提示した上で意見を頂いていると。しっかり確実な地盤改良を行うことで、人工岩盤という形で出来るのではないかという意見も多く出たけれども、特殊シールドについてもまだ完全に削除する状態には至ってないので、そこについてより深めたものを整理したうえで、次回、最終的な結論を出すという形でとりまとめるといいのでしょうか。

(委員)

そこに再度、開削工法のことも含めて検討したというのを残しておいて下さい。

(交通局)

はい。今回、開削工法についてもより深めて資料を提示した上で、非開削工法でいく。なおかつ、先ほど言ったシールドも深めた形で次回結論を出したいという取りまとめでよろしいでしょうか。

最後に4「地盤改良」については、目的、改良範囲の考え方について確認を行ったということ。あと方法については、本日も提示したようなものにさらに加えて、例えば、空洞の充填を合わせて行うといった形で、より確実な方法を、次回、最終的に確認をするということが大断面トンネル部についてです。

標準から3連トンネル部については、課題について確認をして、次回、対策について改めて整理したうえで、次回最終のとりまとめを行うことを確認したということ。

大きくは今のよう形で整理して、議事要旨としてとりまとめをしたいと思いますが、よろしいでしょうか。

(委員長)

地質の方は新しい資料を得て、詳細に検討して、委員会として他の人がそれをどう解釈するか、それについて色々ご意見が出て、整理をさせていただいたということはあると思います。

つまり、ここで議論したことは、それぞれ想像で言うしかないんですね。地質はこうだと言えるものではない。だから委員会の見解としては、そういう地質調査の資料が出てきたから我々はそれを見て、こういう考え方、理解になりますよという話を見解として色々やっていただいた。その結果が、大方こういう形ではないかという姿が見えてきた。それに合わせて、地下水のことは入れておいて下さい。地下水のありかたについては、これまであまり議論してこなかったから、ここではしっかり議論させていただいたということというのが地質のところの話だと思います。

再掘削工法については、おっしゃる程度でいいのですが、少し加えておいてほしいの

が、地質の状態が局所的にばらついているというご意見がありました。詳細な詰めをしていくプロセスがどうしても必要になる。その部分的な地質調査をこういう部分に当てはめていただいて、幅の広いままの話ではなくて、現実的に3連トンネルのところはこういう状態ですよというようなことを踏まえて、整理をしていかなければいけない話だと思います。そここのところの配慮がまだ十分とれていないので、一応、非開削でいくんですけれども、その更なる詰めの部分については、今日は十分に詰めきらなかったという見解だと思います。今後、今日の意見を参考に詰めてくださいということを入れておいてもらいたいということです。

もうひとつ、3連トンネル部のところの工法を今日は詰めきらなかったということを入れるか入れないかについては、今日の議題ではないからいいですね。3連トンネルのところの細かい話は、状況を確認した上で次回の開催時にお示しをするというのでよろしいでしょうか。

以上の整理でお願いしたいと思います。よろしいでしょうか。長時間にわたってありがとうございました。事務局にマイクを返します。よろしくお願ひします。

(事務局)

委員長どうもありがとうございました。閉会にあたりまして、建設部長の角より御挨拶を申し上げます。角部長よろしくお願ひします。

(角建設部長)

長時間にわたってご議論いただきありがとうございました。来月の8日で一年となります。市民の皆様の関心も、原因究明から、徐々に今後の工事方法に移ってきているところがございます。七隈線延伸事業は市民の期待も大きい事業でございますので、我々としても、安全を確保したうえで、できるだけ早く現場にかかることを考えておりますが、そのためにはどんな工法で行うかの説明が必要であり、次回の技術専門委員会ではその点を議論をお願いし、まとめをいただいたうえで、我々が決断していきたいと考えております。

それまでには本日の宿題や協議の進め方がありましたので、次回までの間にご相談させていただきたいと考えておりますので、よろしくお願ひいたします。本日はありがとうございました。